PNC TJ7439 96-006

~~限定資料~~

本資料は 2000 年 3 月 31 日付けで登録区分
変更する
研究調整Gr【管理担当箇所名】

原位置レジン注入システムの設計・製作

(動力炉・核燃料開発事業団　契約業務報告書)

1996年10月

大成基礎設計株式会社

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒３１９－１１８４　茨城県那珂郡東海村村松４番地４９
核燃料サイクル開発機構
技術展開部　技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu,Tokai-mura,Naka-gun,Ibaraki 319-1184,
Japan

© 核燃料サイクル開発機構
(Japan Nuclear Cycle Development Institute)
1996

~~この資料は、動力炉・核燃料開発事業団の開発業務を進めるため、特に限られた関係者だけに開示するものです。ついては、複製、転載、引用等を行わないよう、また第三者への開示または内容漏洩がないように管理して下さい。また、今回の開示目的以外のことには使用しないように特に注意して下さい。~~

~~本資料についての問い合わせは下記にお願いします。~~

~~〒５０９－５１　岐阜県土岐市泉町定林寺９５９－３１~~
~~動力炉・核燃料開発事業団~~
~~東濃地科学センター　技術開発課~~

PNC TJ7439 96-006

~~限定資料~~

本資料は2000年 3 月31日付けで登録区分変更する。
東濃地科学センター 【研究調整グループ】

原位置レジン注入システムの設計・製作

(動力炉・核燃料開発事業団　契約業務報告書)

1996年10月

大成基礎設計株式会社

登録区分
2000.3.31
変更表示

~~限　定　資　料~~
PNC TJ7439 96-006
１９９６年１０月

原位置レジン注入システムの設計・製作

松岡　永憲※

要　旨

結晶質岩中の主要な物質移行経路となる割れ目（帯）およびその近傍における空隙構造を調査するための技術開発として、試錐孔を利用し、空隙中にレジンを注入するシステムを設計・製作した。

本システムは、深度200～1000㎜、孔径40㎜の試錐孔に適用でき、孔口から約150㎜以深に分布する割れ目（帯）に対して注入量を測定しながらレジンの注入を行うことが可能である。また、最大15kgf/cm ^{2} の圧力で、正常にレジンの注入を実施できる性能を有している。

本システムの概略構成は、①メカニカルパッカー、②レジンタンク、③加圧装置、④重量測定装置となっている。

本報告書は、大成基礎設計株式会社が、動力炉・核燃料開発事業団との契約により実施した業務の成果である。
契約番号：０８Ｍ０６７０
事業団担当部課室および担当者名：　東濃地科学センター地質環境研究室　坪田浩二
※大成基礎設計株式会社本社研究開発部

~~COMMERCIAL PROPRIETARY~~

PNC ~~Z~~TJ7439 96-006

OCTOBER 1996

Design and Production of the System for in situ Resin Injection Experiment

Eiken Matsuoka ※

ABSTRACT

Resin injection system has been developed to define , in situ, connected porosity in a fracture (zone) and in the rock matrix in the close vicinity of the fracture (zone). In a crystalline rock, mass transport will take place in such a fracture (zone).

The system comprises a mechanical packer, a resin reservoir, a resin pressurising unit and a resin weight mesuring unit with a data logger,and is applicable to a borehole of 200 - 1000mm in length and 40mm in diameter,in which injection interval will encounter a fracture (zone) at a depth of more than 150mm.

In situ resin injection can be performed by building up different pressures up to 15 kgf/cm ^{2} and the continuous measurement of a mass of injected resin can be made.

Work performed by Taisei kiso sekkei CO.,LTD under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation

PNC liaison PNC TONO GEOSCIENCE CENTER, GEOLOGICAL ENVIRONMENT RESEARCH SECTION K.Tsubota

※ Taisei kiso sekkei CO.,LTD Head office R&D section

目　次

１．まえがき　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　１

２．システムの概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　２

３．試験システムの構造・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　４
３．１　メカニカルパッカー　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　５
３．２　レジンタンク　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　７
３．３　重量測定装置　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　８
３．４　加圧装置　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　９
３．５　配管系　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　１０
３．６　パッカー拡張用治具および工具　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　１１

４．室内性能試験　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　１２
４．１　耐圧試験　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　１２
４．２　漏洩試験　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　１３

５．あとがき　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　１４

・取扱説明書　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　１５
・写真集　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　２０
・設計図面　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・巻末袋入

表　目　次

表－１　システム各部の基本仕様　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　4
表－２　システム各部の概略構成　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　4
表－３　メカニカルパッカーの基本寸法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・　5
表－４　レジンタンク基本仕様　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　7
表－５　重量測定装置一覧　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　8
表－６　加圧装置一覧　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　9

図　目　次

図－１　試験システム概要図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　3
図－２　メカニカルパッカー構造　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　6
図－３　レジンタンク構造図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　7
図－４　重量測定装置および加圧装置構成図　・・・・・・・・・・・・・・・・　１０
図－５　パッカー拡張用治具構造図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　１１
図－６　耐圧試験装置図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　１２
図－７　漏洩試験装置図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　１３

写　真　目　次

写真－１　システム全景　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　３１
写真－２　メカニカルパッカー、パッカー拡張用治具　・・・・・・・・・・・　３１
写真－３　レジンタンク、レジンタンク固定用治具　・・・・・・・・・・・・　３２
写真－４　加圧装置（一次圧系）、手動式ストップバルブ　・・・・・・・・・・　３２
写真－５　重量測定装置、加圧装置（二次圧系）前面　・・・・・・・・・・・　３３
写真－６　重量測定装置、加圧装置（二次圧系）背面　・・・・・・・・・・・　３３
写真－７　システム付属工具、手動式ストップバルブ　・・・・・・・・・・・　３４
写真－８　耐圧試験状況　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　３５
写真－９　耐圧試験状況　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　３５
写真－１０　漏洩試験状況（１／３）　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　３６
写真－１１　漏洩試験状況（１／３）　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　３６
写真－１２　漏洩試験状況（２／３）　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　３７
写真－１３　漏洩試験状況（２／３）　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　３７
写真－１４　漏洩試験状況（３／３）　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　３８
写真－１５　漏洩試験状況（３／３）　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　３８

1．まえがき

結晶質岩中の物質移行挙動を明らかにする上で、それを規制する一要因である物質移行経路、特に割れ目（帯）およびその近傍における空隙構造の調査は、重要な研究課題である。

物質移行経路の調査手法の一つとして、レジンを用いた（原位置および室内）試験がある。これは、基本的に岩石中に蛍光染料を混入したレジンを注入し、レジンの固化後に任意の断面で岩石薄片を作成し、染色された空隙の分布およびその構造を調査する手法である。これまでに、レジンの種類（物理化学的特性）および注入条件によってレジンの浸透状況が異なることが明らかにされている。

今回の業務では、原位置において試錐孔を利用して効率よくレジン注入試験を実施できるシステムを設計・製作した。本システムは、小孔径で浅い深度の試錐孔を対象として、注入対象とする割れ目（帯）を分離、遮断し、一定圧力でレジンを注入することができる。その構成は、①メカニカルパッカー、②レジンタンク、③重量測定装置、④加圧装置、⑤配管等付属品となっている。

本報告書では、システム各部の構成と構造、および同システムを用いて実施した室内試験結果について述べる。また、システムの取扱説明と設計図面も併せて記載した。

２．システムの概要

本システムは、岩盤中の微小な連結空隙を調査するために、坑道壁面から掘削した試錐孔を利用して、レジン注入試験を実施する試験機である。

本システムを用いたレジン注入試験の概略は次のとおりである。

(1)必要な長さのスペーサーを装着した、メカニカルパッカーを試錐孔内に挿入し、パッカー拡張用治具を用いてシステムを設置・固定する。

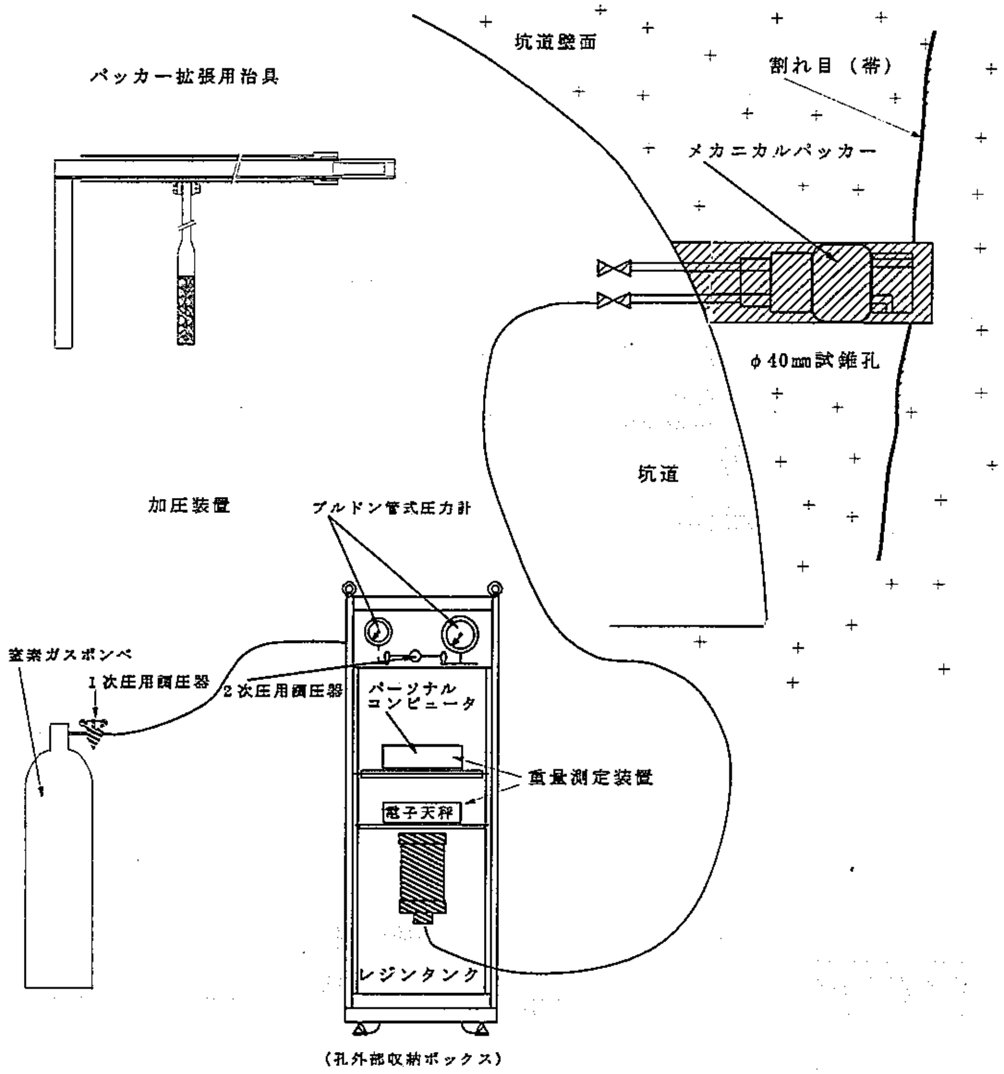
(2)レジンタンク、重量測定装置、加圧装置を取り付け、水を試錐孔内に定圧で注入し、レジンの注入に必要な圧力を調べる。

(3)(2)で設置した装置を用いてアルコールを注入し、空隙水をアルコールに置換する。

(4)上述の装置を利用して、対象とする岩盤（割れ目（帯））中にレジンを注入する。

試験システムは、主に以下の基本機能を持つユニットで構成されている（図－１参照）。

①メカニカルパッカー	:試錐孔内に設置し、試験区間を設定する。
②レジンタンク	:試験流体（水、アルコール、レジン）を封入し、これらを加圧注入する。
③重量測定装置	:試験流体の注入量を重量変化として測定し、このデータを表示すると共に記録する。
④加圧装置	:レジンタンクに注入圧として、窒素ガス圧を必要な一定に調圧して供給する。
⑤配管	:加圧装置、レジンタンク、試験区間を連結する。
⑥パッカー拡張用治具等	:メカニカルパッカーを確実な上下の向きで所定の位置に正確に挿入・設置する。専用工具は装置の設置などに必要な工具類である。



図－1　試験システム概要図

３．試験システムの構造

今回製作したシステムは、①メカニカルパッカー、②レジンタンク、③重量測定装置、④加圧装置、⑤配管、⑥パッカー拡張用治具および付属工具に分かれている（図－１参照）。

システム各部の基本仕様を表－１、概略構成を表－２に示す。

表－１　システム各部の基本仕様

システム各部の名称	基本仕様
メカニカルパッカー	φ 40 ㎜の試錐孔で試験区間を設定でき、試験流体の圧力を最大 15kgf/cm ^{2}で遮断可能なこと。また、試験区間長を 50 ～ 10 ㎜で調整可能なこと。
レジンタンク	試験流体を封入し、試験流体に最大 15kgf/cm ^{2}の窒素ガス圧で加圧できること。
重量測定装置	試験流体の注入量をレジンタンクの重量変化として測定し、測定値の瞬時値および経時変化を表示し、データファイルとして記録できること。
加圧装置	試験流体に最大 15kgf/cm ^{2}の窒素ガス圧を一定圧力で供給できること。
配管	加圧装置、レジンタンク、試験区間を連結し、試験区管の開閉ができること。
パッカー拡張用治具および付属工具	メカニカルパッカーを確実な上下の向きで試錐孔内に設置できること。試験システムの設置等が支障なく行えること。

表－２　システム各部の概略構成

システム各部の名称	概略構成
メカニカルパッカー	パッカーラバーを装着したパッカー本体と試験区間長調節用スペーサー
レジンタンク	アウタータンクおよび交換可能なインナータンク
重量測定装置	電子天秤、パーソナルコンピューターおよび計測用ソフト
加圧装置	窒素ガスボンベ、調圧器（１次圧用、２次圧用）、ブルドン管式圧力計
配管	ステンレスチューブ、ナイロンチューブ、試験区間開閉用ストップバルブ
パッカー拡張用治具および付属工具	パッカー拡張用治具、レジンタンク固定用治具、レンチ類、パイプカッター、付属消耗品

３．１　メカニカルパッカー

メカニカルパッカーは、φ40㎜の試錐孔に適用でき、長さ50～100㎜の試験区間を設定する機能を持つ。

本パッカーは、パッカー先端よりスペーサー、エンドブロック、パッカーラバーおよびセンターシャフト、カラー、平座金、六角ナットで構成される。

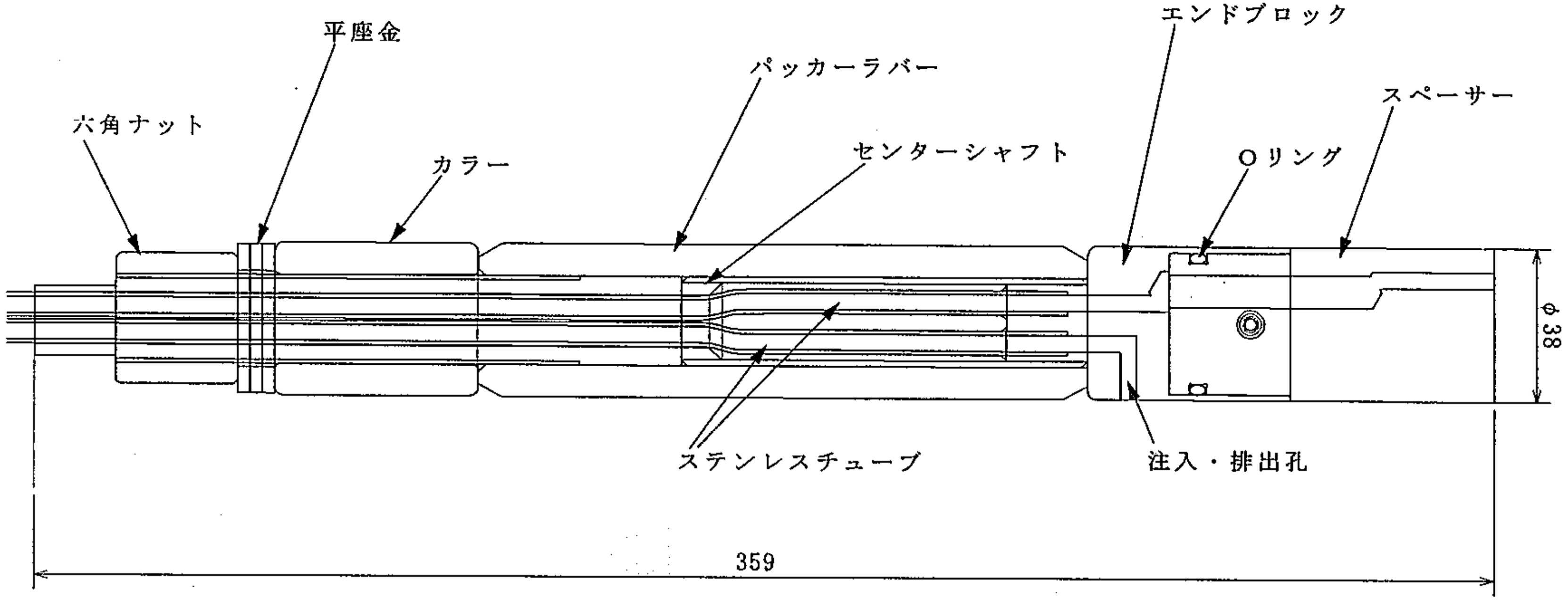
スペーサーは、試験流体の試錐孔内貯留量（デッドボリューム）を減少させる機能を持ち、試験流体の注入および排出孔を備えている。エンドブロックは、パッカーラバーを孔軸方向に圧縮するメインブロックであり、試験流体の注入・排出口を備えている。このブロックにスペーサーはネジで固定される。また、ステンレスチューブおよびセンターシャフトが溶接されている。パッカーラバーは、カラーにより圧縮され、試錐孔孔底から任意の長さを持つ閉鎖空間を設定する機能を持っている。センターシャフトは、六角ナットに対する雄ネジであり、ステンレスチューブを通している。カラーは平座金を介して伝達された六角ナットの圧縮力でパッカーラバーを圧縮する。平座金は、六角ナットとカラーの滑り摩擦を低減する機能を持つ。六角ナットはパッカー拡張用治具の締め込みトルクを圧縮力に変換する機能を持つ。

スペーサーは、硬質塩化ビニル樹脂製であり、エンドブロック・センターシャフト・カラーはステンレス製、パッカーラバーは天然ゴム製、平座金、六角ナットは真鍮製である。

メカニカルパッカーの基本寸法を表－３に示す。

表－３　メカニカルパッカーの基本寸法　(㎜)

パッカー本体全長	309～359
全長(含ｽﾃﾝﾚｽﾁｭｰﾌﾞ)	1650～1700
最大外径	38
試験区間長	50～100
パッカーラバー長	150



図－２　メカニカルパッカー構造

3．2　レジンタンク

レジンタンクは、試験流体を封入し、この試験流体に最大 15kgf/cm^{2}の窒素ガス圧を加えることが可能な機能を有する。

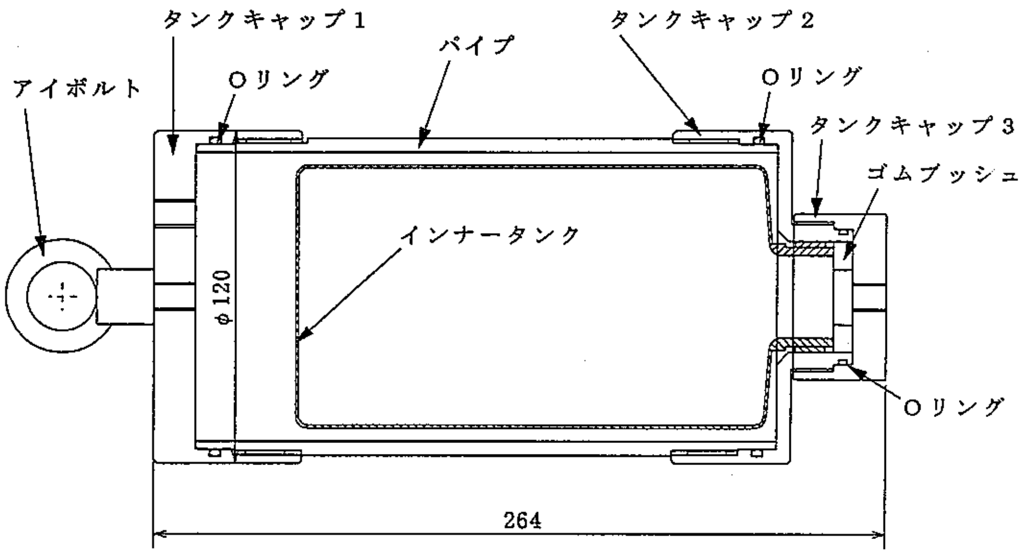
レジンタンクは、大きくアウタータンクとインナータンクに分かれる。アウタータンクは、タンクキャップ1，同2，同3およびパイプに分けられる。（図－３参照）

レジンは、注入時に固化する可能性も考えられる。したがって、レジンタンクを二重構造として、主要な部品を繰り返し使用可能な構造とした。接液部はインナータンク、タンクキャップ３およびタンクキャップ内のゴムブッシュであり、これらは、必要数の交換部品を製作した。インナータンクの材質は、ポリプロピレンであり、アウタータンクはステンレス製（SUS304）である。

レジンタンクの基本仕様を表－４に示す。

表－４　レジンタンク基本仕様

最大外径	φ 120 mm
全長	264 mm
重量	約 5.9kg
インナータンク容量	約 900 mℓ



図－３　レジンタンク構造図

３．３　重量測定装置

レジンの注入量を測定する場合、流量計内部でレジンが固化する可能性が考えられるため、流量計の使用は不可能である。したがって、レジンタンクの重量変化を測定することにより、レジンなど試験流体の注入量を求める方式を採用した。レジンタンクに試験流体を封入した場合、タンクの総重量は約７ kg 程度となるため、レジンタンクの重量変化の測定には、容量が大きく、かつ分解能が高いセンサーとして、電子天秤を採用した。電子天秤は増幅器などを必要とせずデジタル通信（RS232C 通信）で測定値を送信できる型式のものを採用した。データロガーは、今後の機能拡張や改良を容易にするために、パーソナルコンピューターと汎用計測ソフトを組み合わせた型式とした。なお、重量測定装置は、落下する水滴防止のために加圧装置の２次圧調圧器と共に摂津金属工業㈱製のキャビネットラック内に収納した（１０ページ　図－４参照）。

測定装置の製品名、仕様などを表－５に示す。

表－５　重量測定装置一覧

品名	製造者、型式、基本仕様等
電子天秤	㈱ｴｰ･ｱﾝﾄﾞ･ﾃﾞｨｰ　HF-8000 秤量　8100g　最小表示　0.1g　床下秤量金具　RS232C 出力
ﾊﾟｰｿﾅﾙｺﾝﾋﾟｭｰﾀｰ	日本電気㈱　PC-9821Np/810W ノート型　OS:WINSOWS3.1、MS-DOS5.0
汎用計測ソフト	㈱ｺﾝﾃｯｸ　LABTECH NOTEBOOK(98) 7.10 R:3.2 OS:MS-DOS3.3 以上　日本電気㈱製ﾊﾟｰｿﾅﾙｺﾝﾋﾟｭｰﾀｰ対応

コンピューターは、試験の休止期間には環境の良いところに保管するために、運搬の利便性を考慮してノート型を採用し、運搬用ソフトケースを添付した。

今回の汎用計測ソフトは、使用する際にコンピューターの RS232C ポートにハードウェアーキー（25 ピンコネクター）を接続する必要がある。したがって、日本電気㈱製コンピューターに対応した 14 ピン－25 ピン変換用 RS232C ケーブルと RS232C ストレートケーブル（25 ピン）を添付した。

汎用計測ソフトは、アナログ電圧入力、歪み入力、熱電対などの温度データ入力、RS232C 入力のデータを同時に測定、表示、記録する機能を持っており、試験条件に合わせて、測定条件などを設定する必要がある。今回は次に示す二つのセットアップファイルを準備した。

①ＲＳ＿ＣＨＥ１：５秒間隔でサンプリングする。

②ＲＥＳＳＡＭ１：１分間隔でサンプリングする。

３．４　加圧装置

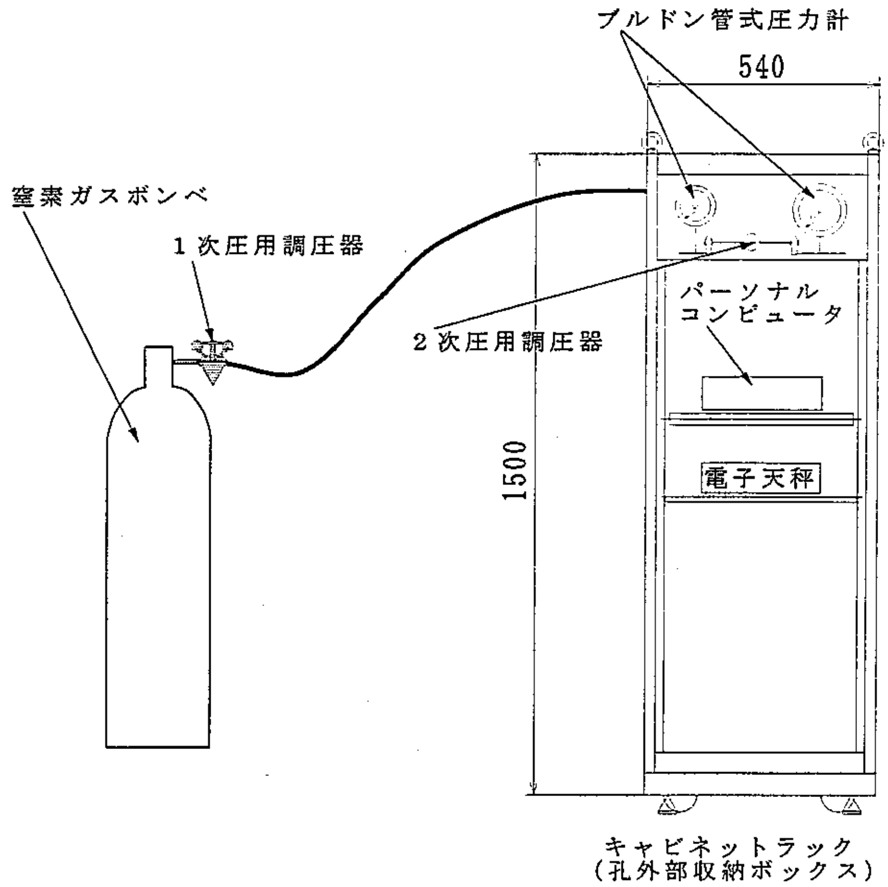
加圧装置は、窒素ガス圧を最大 15kgf/cm²に調圧してレジンタンクに供給する機能を持つ。

加圧装置は、窒素ガスボンベ、窒素ガスボンベ用調圧器、２次圧調整用調圧器およびブルドン管式圧力計で構成されている（図－４参照）。

今回採用した機器の一覧を表－６に示す。

表－６　加圧装置一覧

品名	製造者、型式、仕様等
窒素ガスボンベ	登録番号：D024　記号番号：3J38210 窒素ガス　規格 10 ℓ
窒素ガスボンベ用調圧器	㈱田中製作所　HI-JET 50 最高使用圧力　30kgf/cm²　重量　2.9kg
２次圧用調圧器	ＥＷＯ社　型式 286.324 使用圧力　0.5 ～ 16kgf/cm²　口径　G1/4
ブルドン管式圧力計	㈱第一計器製作所 DUPT1/4*75　35kgf/cm² DUPT1/4*100　20kgf/cm²



図－４　重量測定装置および加圧装置構成図

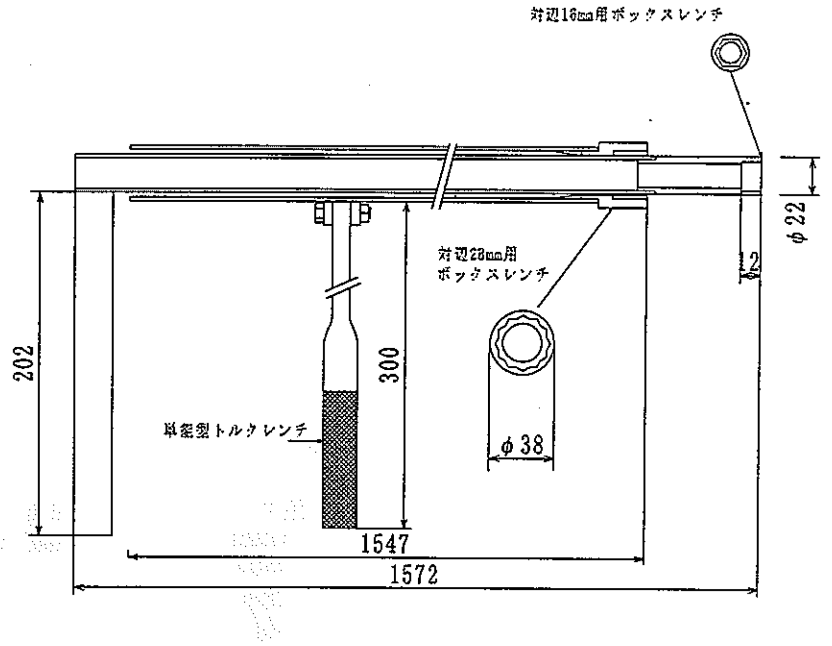
３．５　配管系

配管系の材質は、加圧装置～レジンタンク間がナイロンチューブ、レジンタンク～パッカー間がナイロンチューブおよびステンレスチューブである。

ナイロンチューブ、ステンレスチューブ共に内径４㎜、外径６㎜である。ステンレスチューブは、長さ 1341 ㎜でメカニカルパッカーのエンドブロックに溶接されている。手動式ストップバルブは真鍮製で、ステンレスチューブ用継ぎ手とナイロンチューブ用継ぎ手のものと、ステンレスチューブ用継ぎ手とプラグを装着した。最大常用圧力は、ナイロンチューが 30kgf/cm ²、手動式ストップバルブで 42kgf/cm ²である。今回使用したステンレスチューブ（外径 6㎜、肉厚 1㎜）の最大常用圧力は、通常 300kgf/cm ²程度である。

3．6　パッカー拡張用治具および工具

メカニカルパッカーを試錐孔内で拡張するための専用治具を作成した。同治具は、二重管となっている（図－5参照）。内管の先端はメカニカルパッカーのセンターシャフトを固定するためのボックスレンチ（対辺 16 mm）となっており、他端には、メカニカルパッカーの上下方向を固定し、締め込みトルクの反力を与えるためのハンドルがついている。外管の先端は、パッカーの六角ナットを回転させるためのボックスレンチ（対辺 28 mm）となっており、他端には単能型トルクレンチを装着してある。トルクレンチは、試錐孔内で 15kgf/cm ^{2} の試験流体圧力を遮断するために十分にパッカーが拡張できるよう、トルクを 650kgf･cm に設定してある。



図－5　パッカー拡張用治具構造図

システム付属の専用工具には、レジンタンク固定用治具（平デバイス）、レンチ類、チューブカッターなどがある。

４．室内性能試験

室内において性能試験を行い、システムの基本的な機能と性能が確保されていることを確認した。

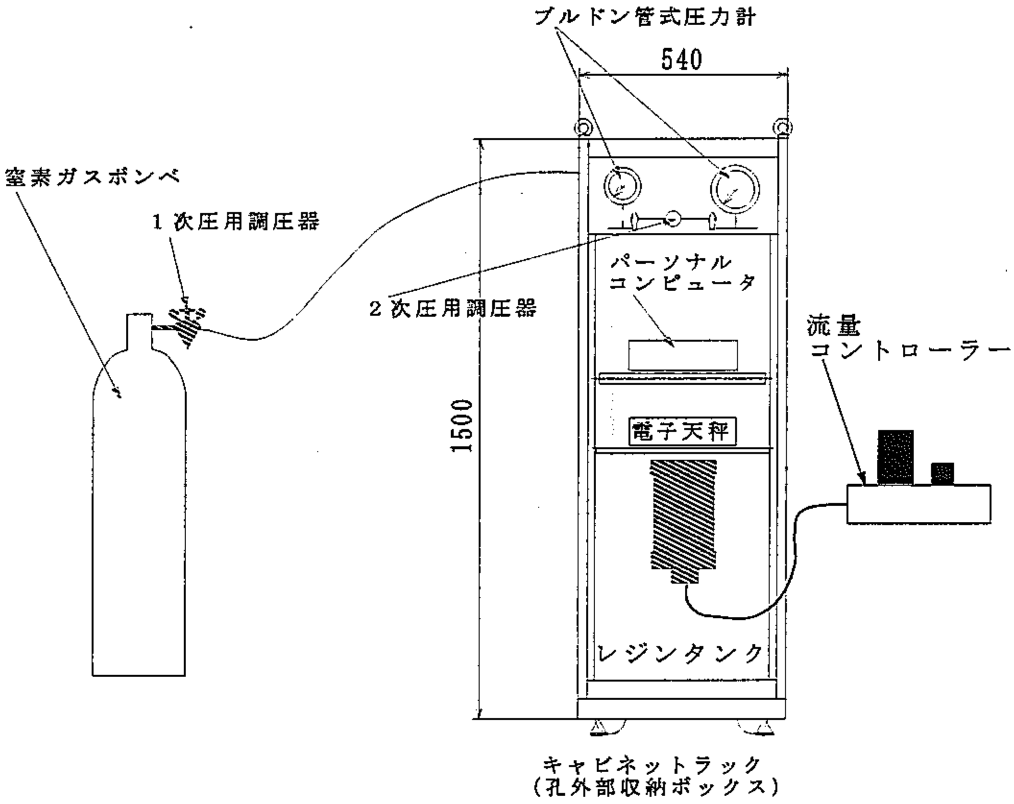
実施した項目は、システム全体の耐圧試験およびメカニカルパッカーの漏洩試験である。

４．１　耐圧試験

レジンタンク、加圧装置、配管系が 15kgf/cm ^{2}の条件下で 24 時間正常に機能することを確認した。

①試験方法

図－６に示すように、加圧装置、レジンタンクおよび流量コントローラーを連結し、窒素ガスボンベから 30kgf/cm ^{2}のガス圧を供給して、２次圧用調圧器でガス圧を 15kgf/cm ^{2}に調圧し、これを水を満たしたレジンタンクに負荷して流量コントローラーにより一定流量で水を流出させた。



図－６　耐圧試験装置図

②試験結果

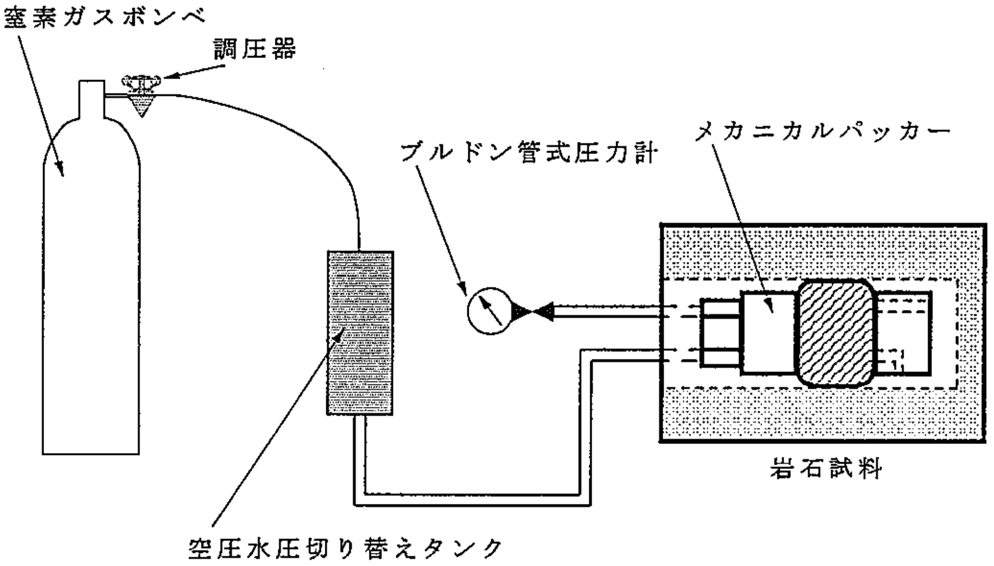
24 時間経過後も機器全体が故障・破損など無く、正常に機能していることを確認した。

４．２　漏洩試験

本試験は、メカニカルパッカーの遮断能力の確認試験と共に、耐圧試験を兼ね合わせている。

①試験方法

栗橋花崗閃緑岩の岩石試料（φ 200 mm）に掘削された模擬試験孔（φ 40 mm長さ 50 mm）内にメカニカルパッカーを挿入、拡張して試験空間を設定する。この閉鎖空間にメカニカルパッカーに装着されているステンレスチューブを通して圧力 15kgf/cm ^{2} で 24 時間注水し、パッカーラバーが加圧された水を遮断していること、およびメカニカルパッカー内の配管から漏水のないことを確認した（図－７参照）。



図－７　漏洩試験装置図

②試験結果

本試験は、抜き取り試験として３本のメカニカルパッカーについて実施した。メカニカルパッカーの締め込みトルクは 650kgf· cm とした。試験を実施した３本のメカニカルパッカーには、パッカーラバーの外部を回り込む漏水およびメカニカルパッカー内部の漏水は認められなかった。

試験結果は、26、27、28 ページの写真－ 11、13、15 に示す。

5．あとがき

室内試験結果より、製作した試験システムは、所期の性能と機能を有していると評価できる。

今後、原位置レジン注入試験に用いる試験流体が多様化したり、試験条件がシステムにより厳密な機能を要求するようになった場合、システムの改良に鋭意取り組む所存である。

本システムの開発、ならびに室内試験の実施に当たっては、栗橋花崗閃緑岩の岩石試料をご提供いただくなど、動力炉・核燃料開発事業団の関係者各位に種々の便宜を図っていただいた。ここに、感謝の意を表する次第である。

取扱説明書

1．メカニカルパッカーの設置

①スペーサーの切断

注入区間長を100mm 未満にする場合は、付属の塩ビ用ノコギリで、スペーサー（塩化ビニール製）を必要な長さに切断する。

②メカニカルパッカーの挿入と拡張

メカニカルパッカーのエンドブロック側面に注入用孔が開いているので、これを鉛直下側にして、メカニカルパッカーを挿入する。この時、パッカー拡張用治具の内管をメカニカルパッカー上端の対辺16mm の六角部分にはめ込み回転しないように挿入する。試錐孔が水平および上向きの場合には、エンドブロックの注入・排出用孔を下向きに挿入し、これを注入用孔として使用する。試錐孔が下向きの場合は、エンドブロックの孔を上向きに挿入し、これを排出用孔として使用する。

③設置深度とパッカー拡張用治具の残尺の関係

メカニカルパッカーの全長は、スペーサーを切断せずに設置した場合359mm である。パッカー拡張用治具の全長は、1572mm あり、先端の対辺16mm の六角レンチ部分が12mm 重なるので、挿入時の全長は1919mm となる。したがって、これより挿入深度を引いた値がパッカー拡張治具の残尺となる。

④メカニカルパッカーの拡張

パッカー拡張治具の外管をメカニカルパッカーの対辺28mm の六角ナットに押し込み六角ナットを締め込む。カチンと音がして単能型トルクレンチが空転するまで十分に締め込む。この時、パッカー拡張用治具の内管が回転しないように注意する。単能型トルクレンチは、650kgf·cm に設定してある。

2．手動式ストップバルブの接続

①メカニカルパッカーに装着してあるステンレスチューブを付属のパイプカッターで適当な長さに切断する。切断後ステンレスチューブの内径が少し小さくなるので、付属の丸ヤスリで内径を元に戻しておく。

②手動式ストップバルブ（キッツ　TK600型）のステンレスチューブ用ステンレス製継ぎ手（スウェジロック　SS-6M0-1-4RT）の袋ナットを十分にゆるめ、ステンレスチューブを差し込む。ステンレスチューブが継ぎ手の奥まで入った状態を保ちながら袋ナットを手で締め込む。この後付属のスパナで1+1/4回転締め込む。なお、ステンレスチューブは、黒色の印がある方が注入側であり、無印の方が排気（又は、排水）側である。注入側の手動式ストップバルブには、ナイロンチューブ用継ぎ手（潤工社　PN-6x4-1/4PT-B）が接続されるようにし、排気側には1/4PT プラグが接続されるようにする。

③ナイロンチューブ用継ぎ手に適当な長さのナイロンチューブ（潤工社）を接続しておく。

3．孔外部収納ボックス（以下　収納ボックスと略記する）の設置

①収納ボックスの設置

水滴の落下してこない場所を選び、収納ボックスを設置する。水滴がさけられない場合は、防水シート等により水滴防止の対策を施す。

②電源（AC100V）を収納ボックスのテーブルタップに供給する。

③重量測定装置の設置

ｱ. 収納棚下段の丸穴中央に装置のフックを通して置く

ｲ. 装置背面の水準器が水平を示す（赤丸内に気泡が位置する）ように後部の調整ねじを回す。

ｳ. 背面に電源（AC～DCアダプター）を接続する。

ｴ. 背面にRS-232Cケーブル（ストレート）を接続する。

ｵ. アクリル製防塵ケースをかぶせ電源を投入する。

ｶ. 電源をOFFにし、［RE-ZERO］キーを押しながら、［ON:OFF］キーを押して、内部設定を確認する。

ｷ. ［MODE］キーを押して、「C－5」を表示させる。

ｸ. ［SAMPLE］キーを押して、「bPS　3」（4800ボー）を表示することを確認する。異なる設定の場合には、［RE-ZERO］キーで「bPS　3」に設定する。（以下、設定の変更は同様に行う）

ｹ. ［SAMPLE］キーを押して、「bt-Pr 2」（8ビット長　パリティ無し）に設定する。

ｺ. ［SAMPLE］キーを押して、「Cr-LF 1」（C$_R$）に設定する。

ｻ. ［SAMPLE］キーを押して、「tyPE　0」（エー・アンド・ディー　フォーマット）に設定する。

ｼ. ［SAMPLE］キーを押して、「t-UP 1」（制限時間1秒）に設定する。

ｽ. ［SAMPLE］キーを押して、「E-Cod　1」（エラーコード出力モード）に設定する。

ｾ. ［SAMPLE］キーを押して、「Ct5 0」（通信制御を使用しない）に設定する。

ｿ. 設定を変更した場合は、［PRINT］キーを押して設定内容を登録する。

④データロガーの設置

ｱ. ノートパソコン（NEC PC-9821Np）を収納棚上段に設置する。

ｲ. 電源を接続する。

ｳ. RS-232C ポートにＤサブ14ピン－25ピン変換ケーブル、ハードウェアキー、
RS-232C ケーブルの順に接続する。

ｴ. マウスポートにマウスのケーブルを接続する。

ｵ. 電源を投入する。

ｶ. Ｂドライブを起動させる。
（I-CON VIEW 画面が起動する）

ｷ. [SAVE/RECALL]ボタンをクリックし、次の二つの設定のどちらかを RECALL し、
I-CON VIEW 画面に戻る。

RS_CHE1　　（５秒間隔でサンプリングする）
RESSAM1　　（１分間閣でサンプリングする）

ｸ. [EXIT]ボタンをクリックし、[ESC]キーでメインメニューに戻る。

ｹ. カーソルで INSTALL, OPTION を選択し、「データレート」が次のとおり対応していることを確認する。対応していないときは、f1キーでサブメニューを呼び出し修正する。

RS_CHE1　⇔　SEC
RESSAM1　⇔　MIN

ｺ. [ESC]キーを押しカーソルで RS-232C を選択して RS-232C の設定が下記の通りであることを確認する。異なる場合は、キー入力または[f1]キーでサブメニューを呼び出し修正する。

- ・チャンネル数　1
- ・チャンネル番号　1
- ・ボーレート　４８００ BPS
- ・パリティチェック　なし
- ・ストップビット数　1
- ・キャラクタ長　8
- ・デリミタコード　D

ｻ. [ESC]キーでメインメニューに戻り、SETUP, I-CON VIEW の順にカーソルで選択し I-CON VIEW 画面にはいる。

ｼ. [RUN]ボタンをクリックしサンプリング待機となる。

なお、参考のため20～29ページに LABTECH NOTEBOOK の設定画面を示す。

4．加圧装置の準備

①窒素ガスボンベに調圧器（田中製作所　HIJET-50型）を接続する。

ｱ. 接続口のテフロンシールがはずれていないことを確認し、袋ナットを手締めする。

ｲ. 最後にモンキーレンチ（250mm ）で十分に袋ナットを締める。

②調圧器出口の３方バルブ（WHITEY　B-42XF2型）のナイロンチューブ継ぎ手に適当な長さのナイロンチューブを接続する。

③ナイロンチューブの他端には、ワンタッチカプラー（日東工器　1S）を接続する。

④ワンタッチカプラーを孔外部収納ボックス背面のN_2供給口に接続する。

⑤上記収納ボックスの正面一次圧計側３方バルブが閉鎖状態にあることを確認して、ボンベの栓を開放、調圧器（上記　HIJET-50）の調整で収納ボックスに窒素ガス圧を供給する。調圧器の調整は下記のとおりである。
ハンドル　右回し　→　出口側圧力の加圧
ハンドル　左回し　→　出口側圧力の減圧～遮断
　なお、HIJET-50型は、出口側が閉鎖されているとハンドルを左に回しても出口側圧力は減圧しない。したがって、１次圧を減圧させるためには、収納ボックスまたは、調圧器の３方バルブを開放しなければならない。

5．レジンタンクの準備

①レジンタンクを同タンク用の平デバイスに挟み、タンクキャップ２（下側）とパイプを分離する。

②タンクキャップ２にＯリング（G110）が異常なく装着されていることを確認し、タンクキャップ２と同３（小型　使い捨て分）を分離する。

③タンクキャップ２の雄ネジ部先端にＯリング（JASO　2045）が異常なく装着されていることを確認する。

④タンクキャップ２の雄ネジ部にゴムブッシュを挿入し、タンクキャップ３を締める。

⑤タンクキャップ２内にインナータンク（ポリプロピレン製　１ l ）を装着する。この際、インナータンクを十分にねじ込む。

⑥平デバイスを用いて、タンクキャップ２とパイプを接続する。

⑦タンクキャップ３のチューブ継ぎ手と手動式ストップバルブをナイロンチューブで接続する。

⑧試験流体の残量を知る目安として、レジンタンクの風袋重量を計測しておく。

6．注入用（試験）流体の封入

①5．で準備したレジンタンクを平デバイスに挟み、タンクキャップ1をパイプから分離する。

②注入する試験流体を付属のオイルジョッキを用いて、インナータンク内に注ぎ込む。レジンタンクの風袋重量が約6.0kgf あるのでとり回しなどのために試験流体は800～900ml 程度とする。

③タンクキャップ1にOリング（G110）が異常なく装着されていることを確認して、パイプと接続する。

④レジンタンクを平デバイスで挟んだまま、収納ボックス内のレジンタンク接続用ナイロンチューブをタンクキャップ1上の継ぎ手に接続する。

⑤レジンタンクをなるべく垂直に保ちながら、タンクキャップ1上のアイボルトを重量測定装置のフックに静かに掛ける。

7．注入用（試験）流体の注入および注入量の測定

①収納ボックス正面の二つの3方バルブをどちらも調圧器（EWO　286-324 G1/4型）側に倒し、2次圧計の指示値が所定の注入圧力となるように調圧器を調整する。

②手動式ストップバルブを二つとも開放する。

③排気側の手動式ストップバルブから注入用流体が排出され、十分に排気（または水などの排出）ができたら、手動式ストップバルブを閉める。必要ならばプラグを装着する。

④データロガーの［リターン］キーを押し、測定を開始する。

8．試験の終了

①注入側の手動式ストップバルブを閉じる。

②データロガーの[ESC]キー、［リターン］キーを押し、測定を終了する。

③収納ボックス正面の2次圧計側3方バルブを徐々に開放する。

④調圧器（286-324 G1/4）により2次圧を減圧する。

⑤調圧器（HIJET-50）により1次圧を減圧し、チューブ内の圧力を3方バルブで開放する。

LABTECH NOTEBOOK 画面設定

1. RS－CHE３設定

1. 1 RS-232C入力ブロックメニュー

現 在 値 ： 1	
データ取得制御 Setup (NORMAL MODE)	
全ブロック数 [0..250]	2
表示ブロック番号 [n or n..m]	1
ブロック タイプ	[RS-232C入力]
タグ名	入力
ブロック単位	Weight g
RS-232Cチャンネル番号 [1..3]	1
モード	[Parsed]
パーズド スタート位置	4
パーズド エンド位置	12
スタート送信文字列	
プロンプト送信文字列	Q¥r
スケール係数	1.00
オフセット定数	0.00
バッファサイズ	2000
繰り返し回数	1
ステージ数 [1..4]	1
ステージ番号	1
サンプリングレート [Hz] [1E-30..1E3]	5.00
ステージ時間 [sec] [0..1E8]	1.00E+05
開始/終了 方法	[ノーマル]
▼続く▼	
トリガ ブロック	1
AND トリガ パターン [0..255]	0
XOR トリガ パターン [0..255]	0
ディレイ [sec] [0..1E8]	0.00
アナログ トリガ値	0.00
アナログ トリガ極性	[High]

１．２Timeブロックメニュー

現 在 値 ： Time	
データ取得制御 Setup (NORMAL MODE)	
全ブロック数 [0..250]	2
表示ブロック番号 [n or n..m]	2
ブロック タイプ	[Time]
タグ名	Time
ブロック単位	Time sec
基準時間	[経過時間]
Timeフォーマット	[sssss.sss]
モード	[累積]
バッファサイズ	2000
繰り返し回数	1
ステージ数 [1..4]	1
ステージ番号	1
サンプリングレート [Hz] [1E-30..1E3]	5.00
ステージ時間 [sec] [0..1E8]	1.00E+05
開始/終了 方法	[ノーマル]
トリガ ブロック	1
AND トリガ パターン [0..255]	0
XOR トリガ パターン [0..255]	0
ディレイ [sec] [0..1E8]	0.00
アナログ トリガ値	0.00
	▼続く▼
アナログ トリガ極性	[High]
保存サンプル数 (プリトリガ)	0

１．３LOGSメニュー

現　在　値　：　1		
LOOGS SETUP		
全ログ数 [0..12]	1	
表示ログ番号 [1..1]	1	
ログファイル名	b:¥DATA¥res1.PRN	
ファイルフォーマット	[　アスキー実数　]	
ファイルヘッダーの行数 [0..4]	4	
１行目のヘッダ	In Situ RESIN INJECTION TEST	
２行目のヘッダ	Data file	
３行目のヘッダ	The time is $TIME	
４行目のヘッダ	The date is $DATE	
ファイル オープン モード	[旧ファイルに上書]	
ファイル クローズド モード	[　実行終了時　]	
指定レコード数	0	
指定時間 [Hour]	0.00	
ログ ファイル内のカラム数 [1..100]	2	
ログカラム番号	1	2
ブロック番号	2	1
タグ名		
ブロック単位	sec	g
フィールド幅　(アスキー時)	9	9
小数点位置　(アスキー実数時)	1	1
(ファイル名オプション)　'&'：カウント番号　'@'：日付け		

1．4 SCREENSメニュー

現 在 値 ： 2

SCREEN SETUP

全ウィンドウ数 [0..15]	2	
ウィンドウ番号	1	2
左限，x0 [0.0..1.0]		
下限，y0 [0.0..1.0]		
右限，x1 [0.0..1.0]		
上限，y1 [0.0..1.0]		
Y軸タイトル	Weight g	
X軸タイトル	Time sec	
時間(X)軸の長さ [Sec]	600	1.00
時間(X)軸フォーマット	[NNNN]	[NNNN]
X軸 目盛開始値	0.00	0.00
X軸 目盛終了値	600	1.00
X軸 目盛数 [0..11]	7	0
Y軸 目盛開始値	5000	0.00
Y軸 目盛終了値	8000	1.00
Y軸 目盛数 [0..11]	6	0
ウィンドウ カラー	[青]	[緑]
スクロール率 [5.0E-02..1.0]	0.5	0.5

省略記号－TD:時刻、ET:経過時間、H:時間、M:分、S:秒

1．5TRACESセットアップメニュー

現　在　値　：　3

TRACE SETUP

全トレース数 [0..50]	3		
トレース番号	1	2	3
ウィンドウ番号 [1..15]	1	2	2
トレースカラー	[黄色]	[赤]	[青]
ラインタイプ	[破線]	[実線]	[実線]
データ ポイント シンボル	[◇]	[なし]	[なし]
Yページ番号	1	1	2
Y最小表示値	5000.00	5000.00	0.00
Y最大表示値	8000.00	8000.00	1.00E+05
トレースタイプ	[T-Y]	[ﾃﾞｼﾞﾀﾙ]	[ﾃﾞｼﾞﾀﾙ]
デジタルメータ専用:			
小数点位置	3	1.00	0
X-Yグラフ専用:			
Xページ番号	1	1	3
X最小表示値	0.00	0.00	0.00
X最大表示値	10.00	10.00	10.00

省略記号 TD:時刻、ET:経過時間、H:時間、M:分、S:秒

2．ＲＥＳＳＡＭ１設定

2．１RS-232C入力ブロックメニュー

現 在 値 ： 1	
データ取得制御 Setup (NORMAL MODE)	
全ブロック数 [0..250]	2
表示ブロック番号 [n or n..m]	1
ブロック　タイプ	[RS-232C入力]
タグ名	入力
ブロック単位	Weight g
RS-232Cチャンネル番号 [1..3]	1
モード	[Parsed]
パーズド　スタート位置	4
パーズド　エンド位置	12
スタート送信文字列	
プロンプト送信文字列	Q¥r
スケール係数	1.00
オフセット定数	0.00
バッファサイズ	2000
繰り返し回数	1
ステージ数 [1..4]	1
ステージ番号	1
サンプリングレート [1E-30..1E3] min	1.00
ステージ時間 [min] [0..1E8]	2000
開始/終了 方法	[ノーマル]
▼続く▼	
トリガ ブロック	1
AND トリガ パターン [0..255]	0
XOR トリガ パターン [0..255]	0
ディレイ [sec] [0..1E8]	0.00
アナログ トリガ値	0.00
アナログ トリガ極性	[High]

２．２Timeブロックメニュー

現 在 値 : Time

データ取得制御 Setup (NORMAL MODE)	
全ブロック数 [0..250]	2
表示ブロック番号 [n or n..m]	2
ブロック タイプ	[Time]
タグ名	Time
ブロック単位	Time min
基準時間	[経過時間]
Timeフォーマット	[sssss.sss]
モード	[累積]
バッファサイズ	2000
繰り返し回数	1
ステージ数 [1..4]	1
ステージ番号	1
サンプリングレート [1E-30..1E3] min	1.00
ステージ時間 [min] [0..1E8]	2000
開始/終了 方法	[ノーマル]
トリガ ブロック	1
AND トリガ パターン [0..255]	0
XOR トリガ パターン [0..255]	0
ディレイ [sec] [0..1E8]	0.00
アナログ トリガ値	0.00
	▼続く▼
アナログ トリガ極性	[High]
保存サンプル数（プリトリガ）	0

２．３LOGSメニュー

現　在　値　：　1		
LOGGS SETUP		
全ログ数 [0..12]	1	
表示ログ番号 [1..1]	1	
ログファイル名	b:¥DATA¥res2.PRN	
ファイルフォーマット	[　アスキー実数　]	
ファイルヘッダーの行数 [0..4]	4	
１行目のヘッダ	In Situ RESIN INJECTION TEST	
２行目のヘッダ	Data file	
３行目のヘッダ	The time is $TIME	
４行目のヘッダ	The date is $DATE	
ファイル オープン モード	[旧ファイルに上書]	
ファイル クローズド モード	[　実行終了時　]	
指定レコード数	0	
指定時間 [Hour]	0.00	
ログ ファイル内のカラム数 [1..100]	2	
ログカラム番号	1	2
ブロック番号	2	1
タグ名		
ブロック単位	min	g
フィールド幅　（アスキー時）	9	9
小数点位置　（アスキー実数時）	1	1
（ファイル名オプション）　'&'：カウント番号　'@'：日付け		

2．4 SCREENSメニュー

現　在　値　：　2

SCREEN SETUP

全ウィンドウ数 [0..15]	2	
ウィンドウ番号	1	2
左限, x0 [0.0..1.0]		
下限, y0 [0.0..1.0]		
右限, x1 [0.0..1.0]		
上限, y1 [0.0..1.0]		
Y軸タイトル	Weight g	
X軸タイトル	Time min	
時間(X)軸の長さ [Sec]	2.88E+04	1.00
時間(X)軸フォーマット	[NNNN]	[NNNN]
X軸 目盛開始値	0.00	0.00
X軸 目盛終了値	480	1.00
X軸 目盛数 [0..11]	7	0
Y軸 目盛開始値	5000	0.00
Y軸 目盛終了値	8000	1.00
Y軸 目盛数 [0..11]	6	0
ウィンドウ　カラー	[青]	[緑]
スクロール率 [5.0E-02..1.0]	0.5	0.5

省略記号ー TD:時刻、ET:経過時間、H:時間、M:分、S:秒

2． 5 TRACESセットアップメニュー

現 在 値 ： 3

TRACE SETUP

全トレース数 [0..50]	3		
トレース番号	1	2	3
ウィンドウ番号 [1..15]	1	2	2
トレースカラー	[黄色]	[赤]	[青]
ラインタイプ	[破線]	[実線]	[実線]
データ ポイント シンボル	[◇]	[なし]	[なし]
Yページ番号	1	1	2
Y最小表示値	5000.00	5000.00	0.00
Y最大表示値	8000.00	8000.00	2000
トレースタイプ	[T-Y]	[デジタル]	[デジタル]
デジタルメータ専用:			
小数点位置	3	1	0
X-Yグラフ専用:			
Xページ番号	1	1	2
X最小表示値	0.00	0.00	0.00
X最大表示値	10.00	10.00	10.00

省略記号ーTD:時刻、ET:経過時間、H:時間、M:分、S:秒

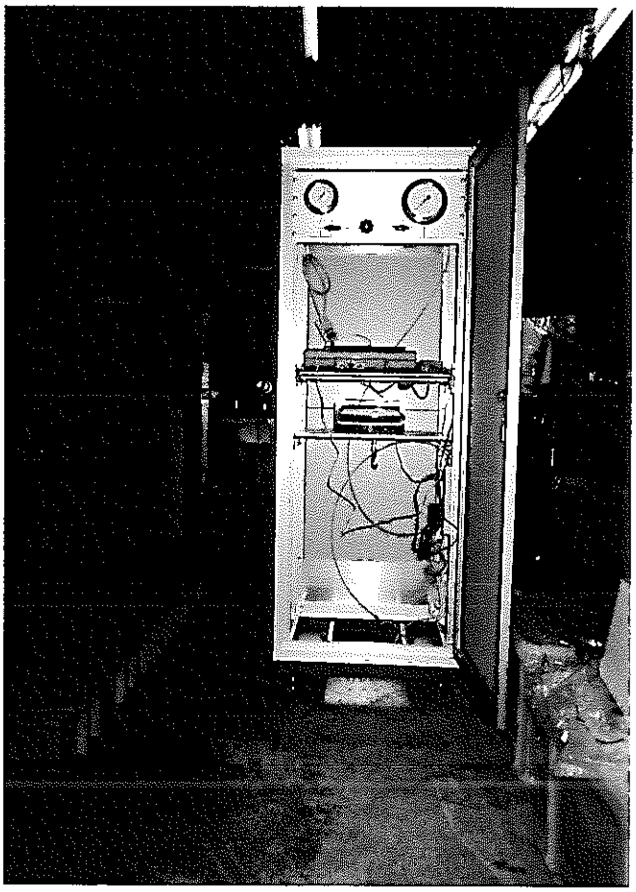
・写真集

写真－１　システム全景

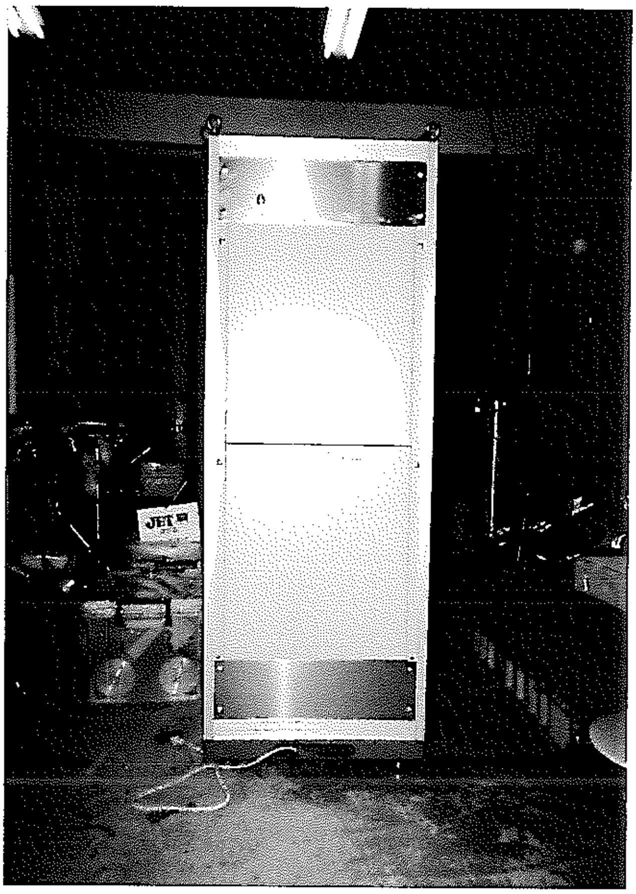
写真－２　メカニカルパッカー、パッカー拡張用治具

写真－３　レジンタンク、レジンタンク固定用治具

写真－４　加圧装置（一次圧系）、手動式ストップバルブ

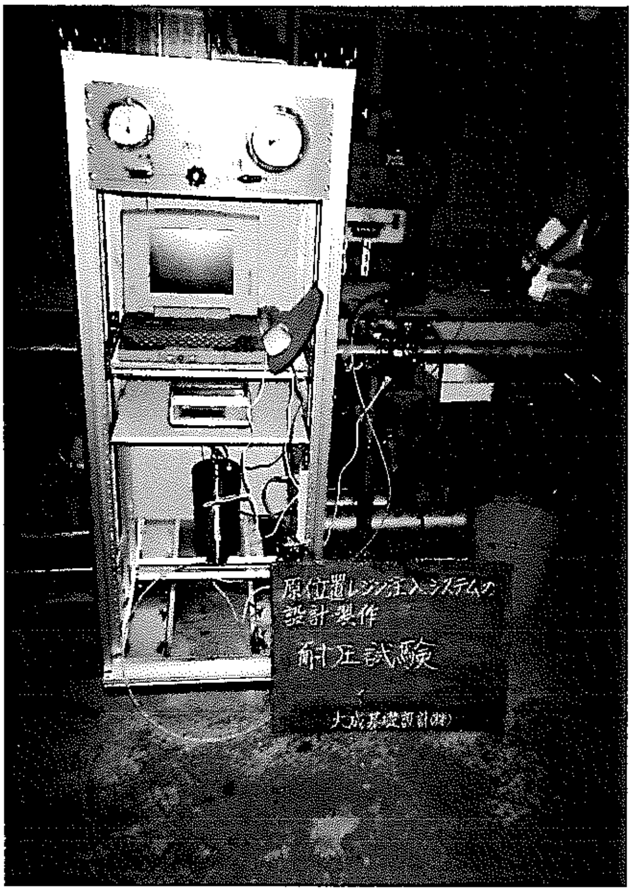


写真－５　重量測定装置、
加圧装置（二次圧系）前面

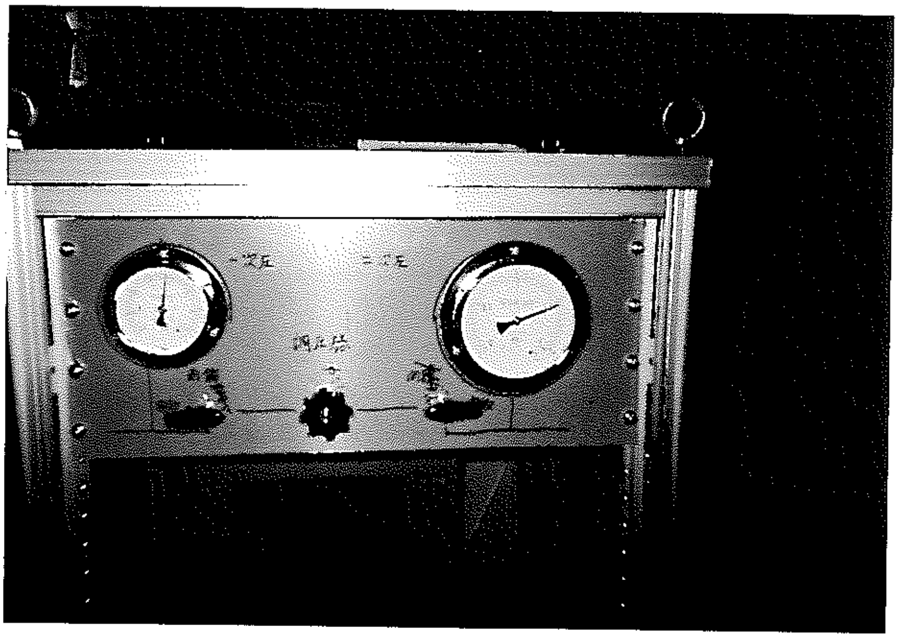


写真－６　重量測定装置、
加圧装置（二次圧系）背面

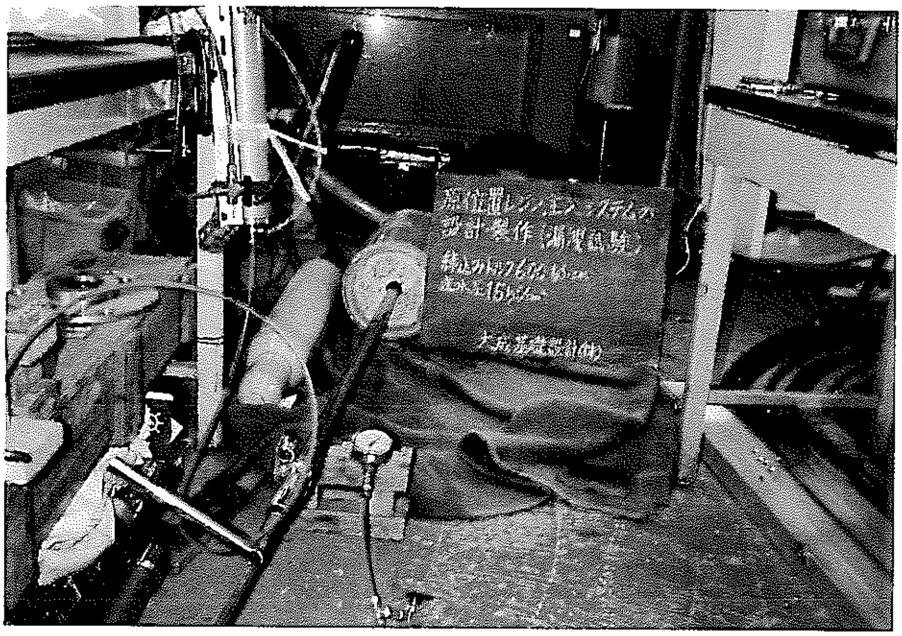
写真－７　システム付属工具、手動式ストップバルブ



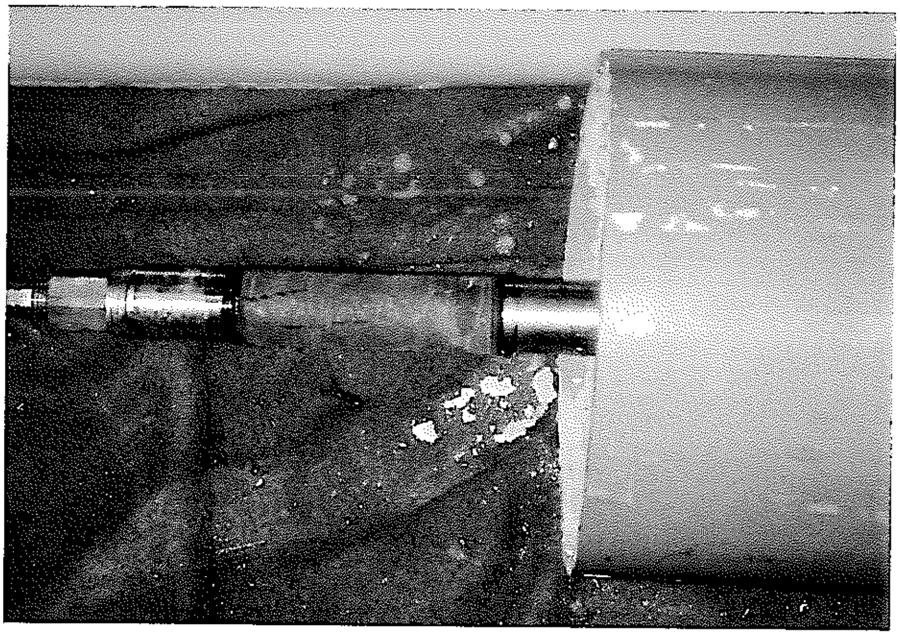
写真－８　耐圧試験状況



写真－９　耐圧試験状況

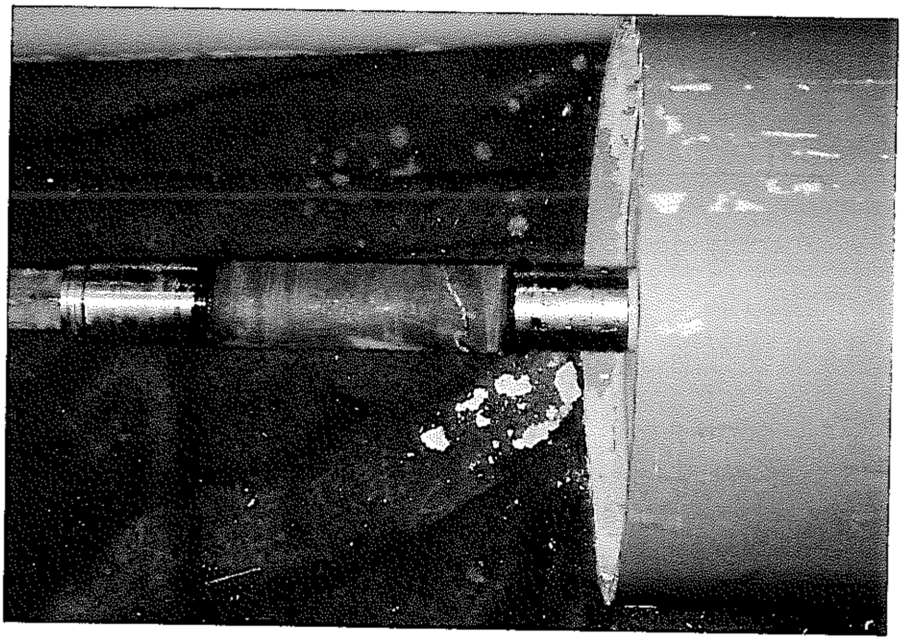


写真－１０　漏洩試験状況（１／３）



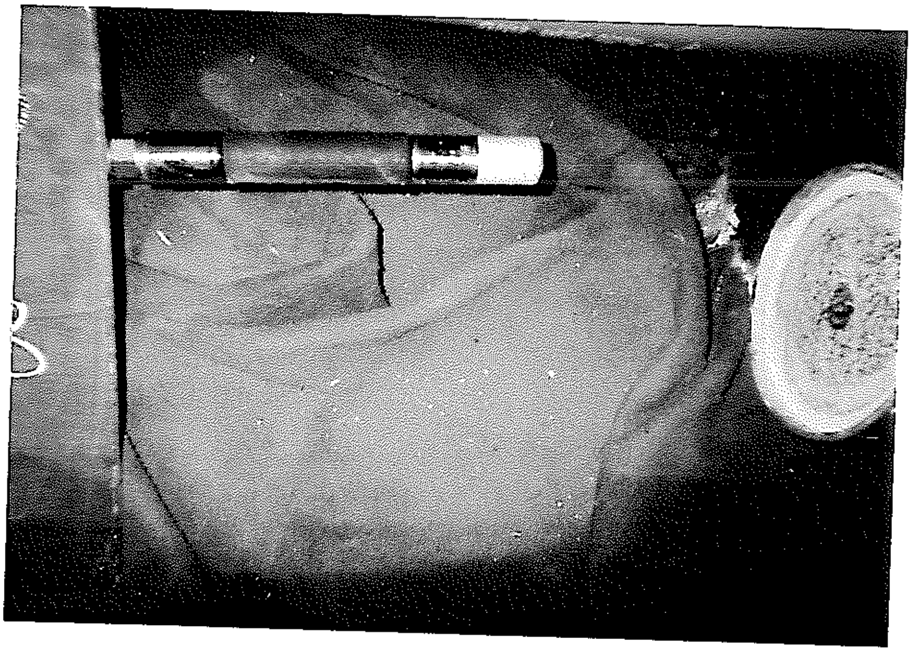
写真－１１　漏洩試験状況（１／３）

写真－１２　漏洩試験状況（２／３）



写真－１３　漏洩試験状況（２／３）

写真－１４　漏洩試験状況（３／３）

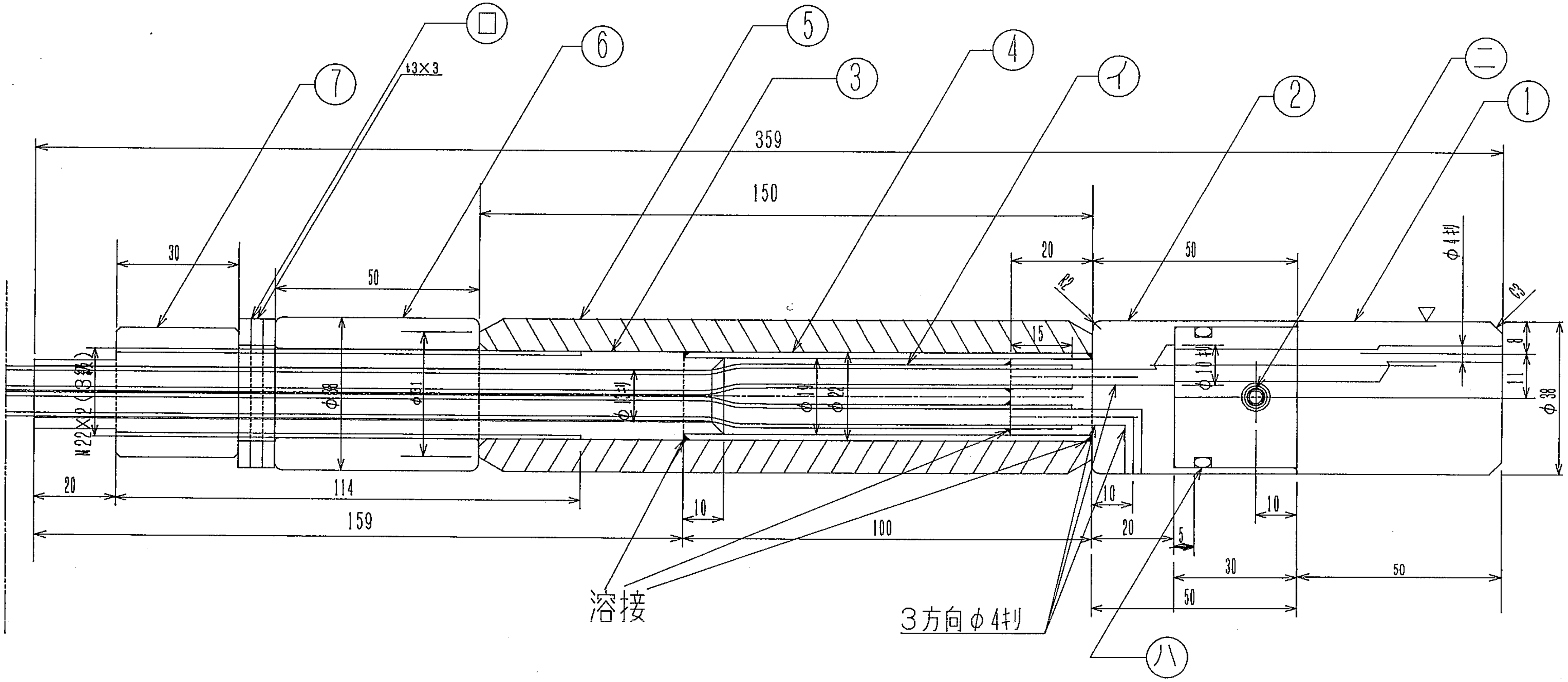


写真－１５　漏洩試験状況（３／３）

・巻末図面一覧

・メカニカルパッカー組立図
・レジンタンク組立図
・パッカー拡張用治具
・孔外部収納ボックス
・メカニカルパッカー部品図１.
・メカニカルパッカー部品図２.
・メカニカルパッカー部品図３.
・レジンタンク部品図１.
・レジンタンク部品図２.
・レジンタンク部品図３.

尺度	1：1

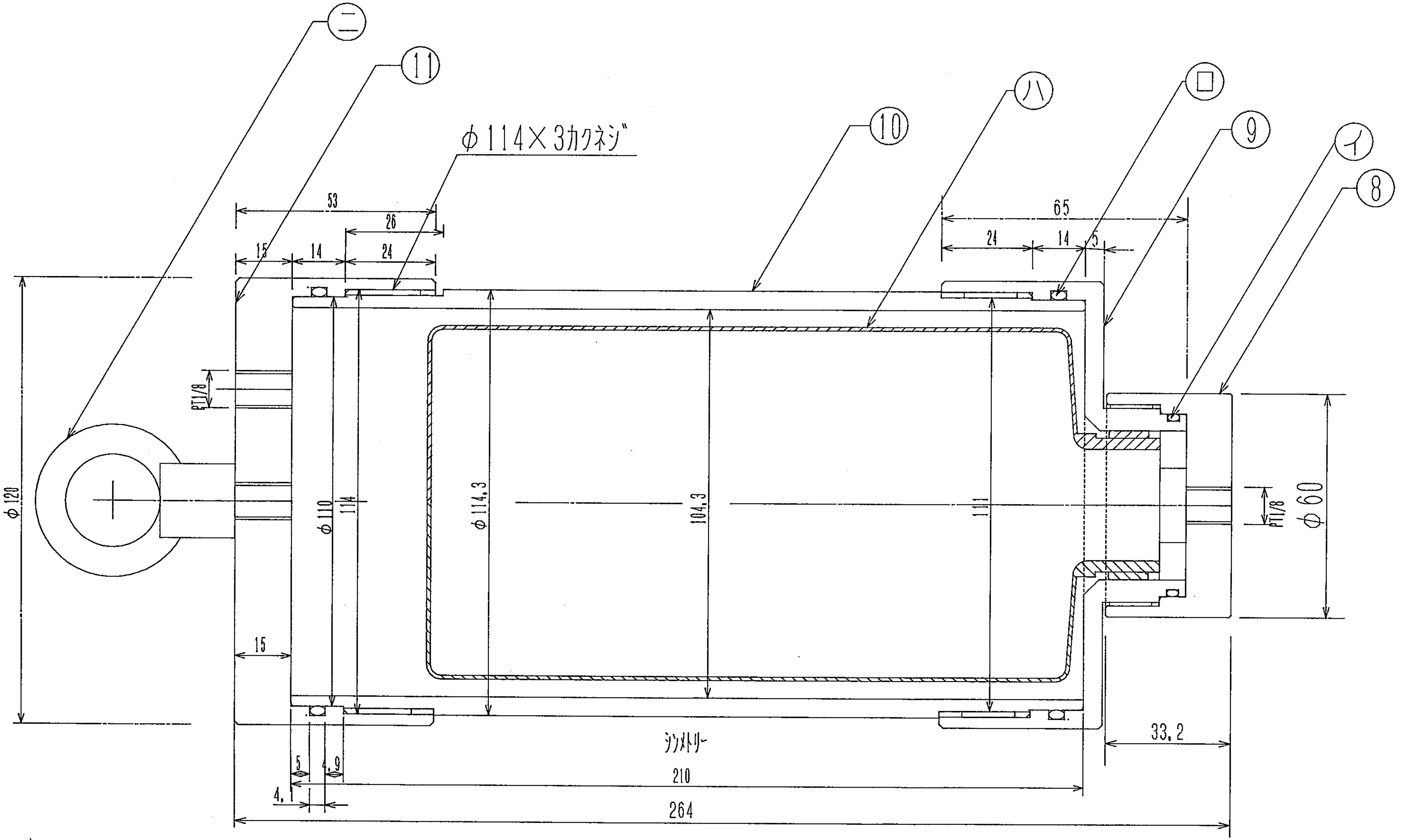


品番	品名	材質	個数	備考	品番	品名	材質	個数	備考
1	スペーサー	硬質塩化ビニル樹脂	10		イ	パイプ 6x1	SUS304	20	L=2,000
2	エンドブロック	SUS304	10		ロ	平座金	真鍮	30	
3	センターシャフト1	SUS304	10		ハ	Oリング G30	1種 A	10	
4	センターシャフト2	SUS304	10		ニ	皿ネジ M4	SUS304	20	
5	パッカーラバー	天然ゴム	10						
6	カラー	SUS304	10						
7	六角ナット	真鍮	10						

承認	承認	承認	承認	承認	設計	製図

名称	原位置レジン注入システム	図名	メカニカルパッカー組立図
図番		大成基礎設計株式会社	

尺度	1：1

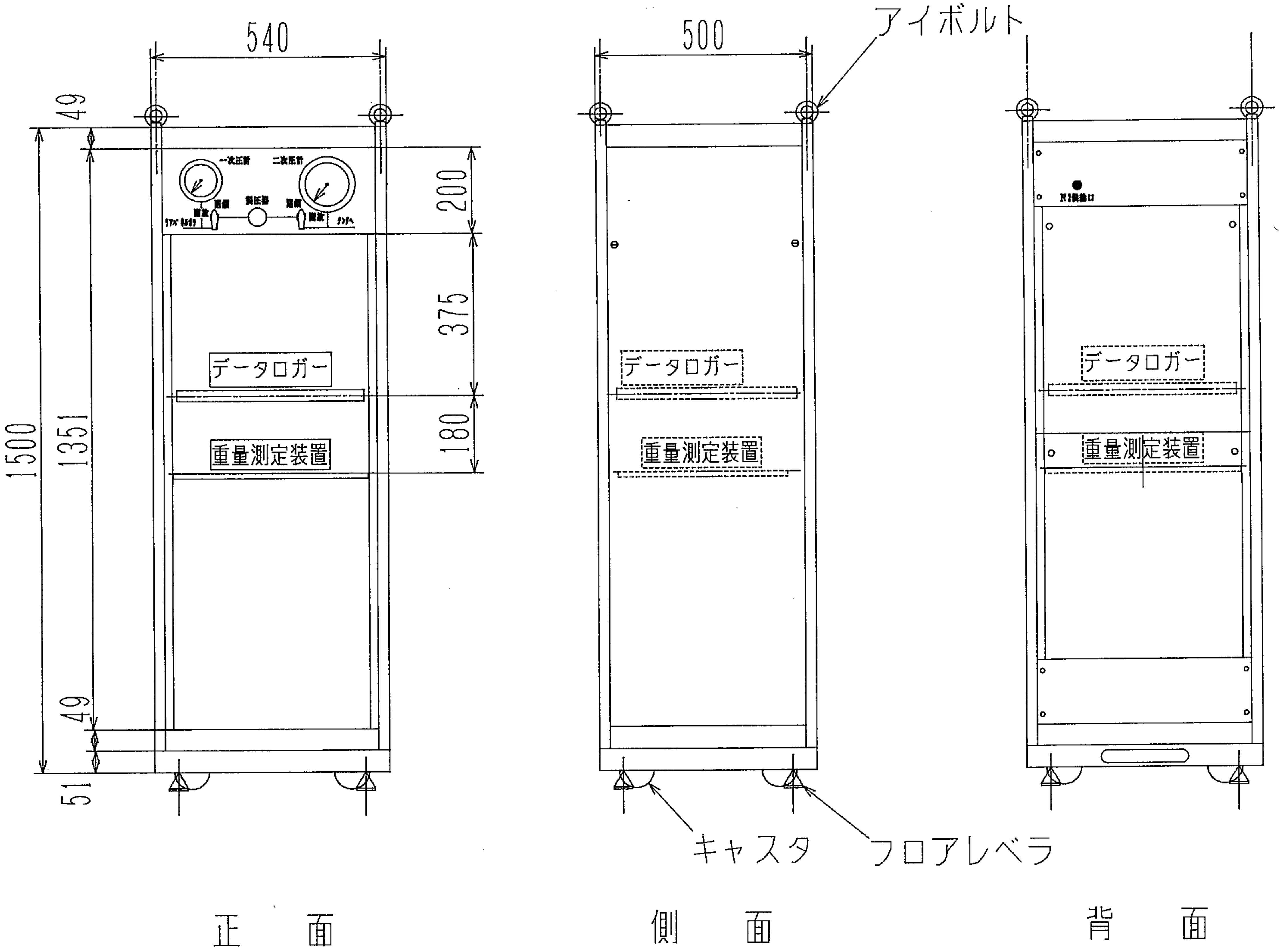


品番	品名	材質	個数	備考	品番	品名	材質	個数	備考
8	タンクキャップ3	SUS304	10		イ	Oﾘﾝｸﾞ JASO2045	1種A	10	
9	タンクキャップ2	SUS304	3		ロ	Oﾘﾝｸﾞ G110	1種A	6	
10	パイプ	SUS304	3		ハ	ｲﾝﾅｰﾀﾝｸ 1ﾘｯﾄﾙ	ﾎﾟﾘﾌﾟﾛﾋﾟﾚﾝ	10	
11	タンクキャップ1	SUS304	3		ニ	アイボルト	SUS304	3	

承認	承認	承認	承認	承認	設計	製図

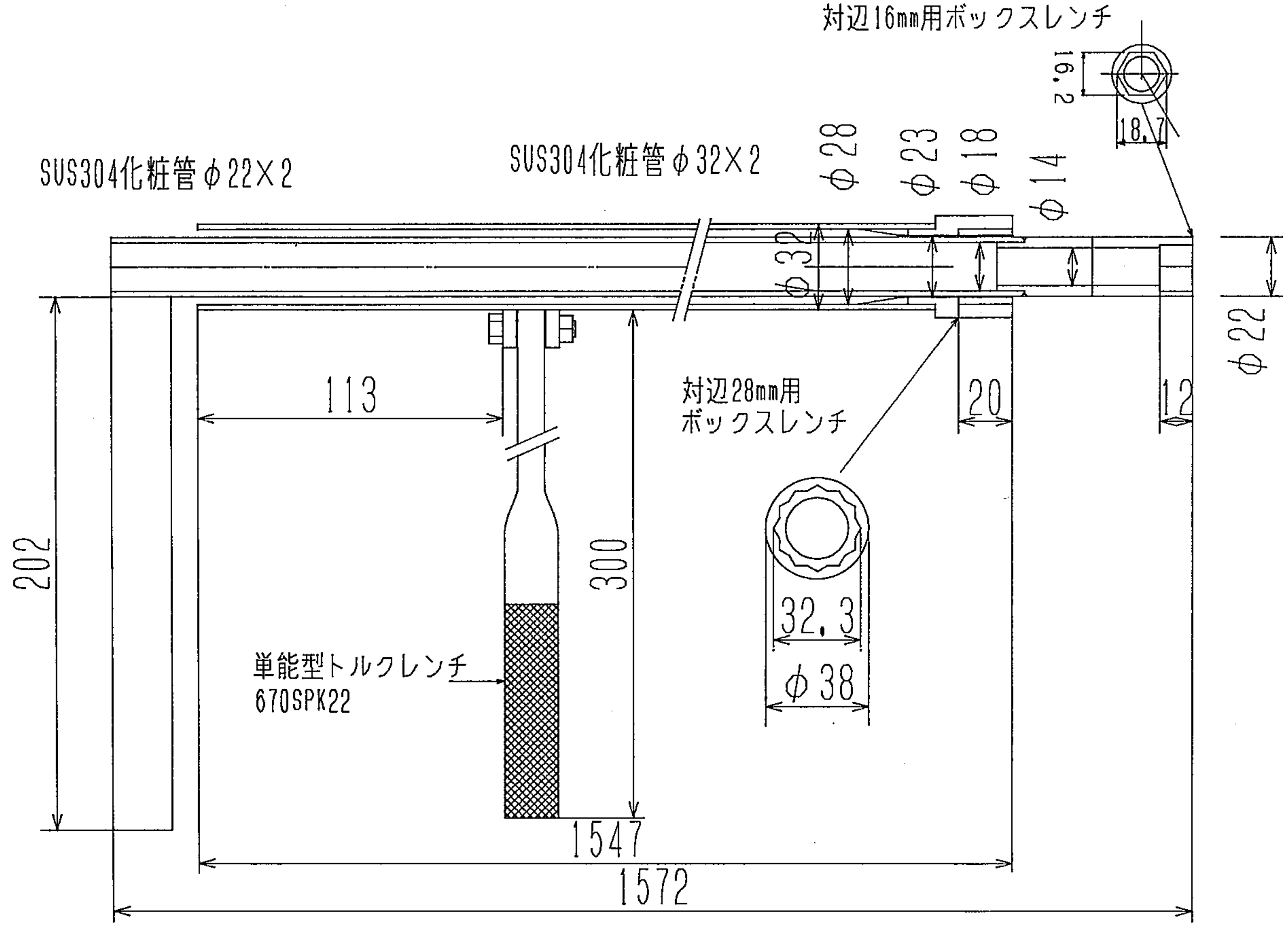
名称	原位置ﾚｼﾞﾝ注入ｼｽﾃﾑ	図名	レジンタンク組立図
図番		大成基礎設計株式会社	

尺度	1：10



承認		承認		承認		承認		承認		設計		製図	
名称	原位置レジン注入システム					図名	孔外部収納ボックス						
図番						大成基礎設計株式会社							

尺度	1：2

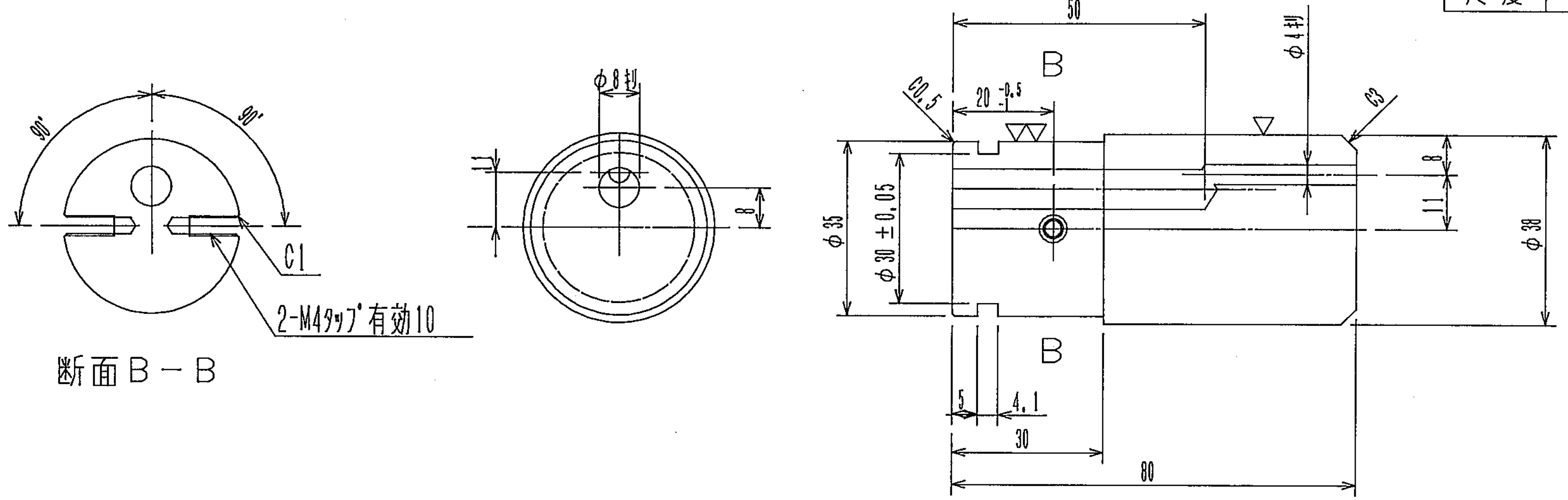


承認	承認	承認	承認	承認	設計	製図

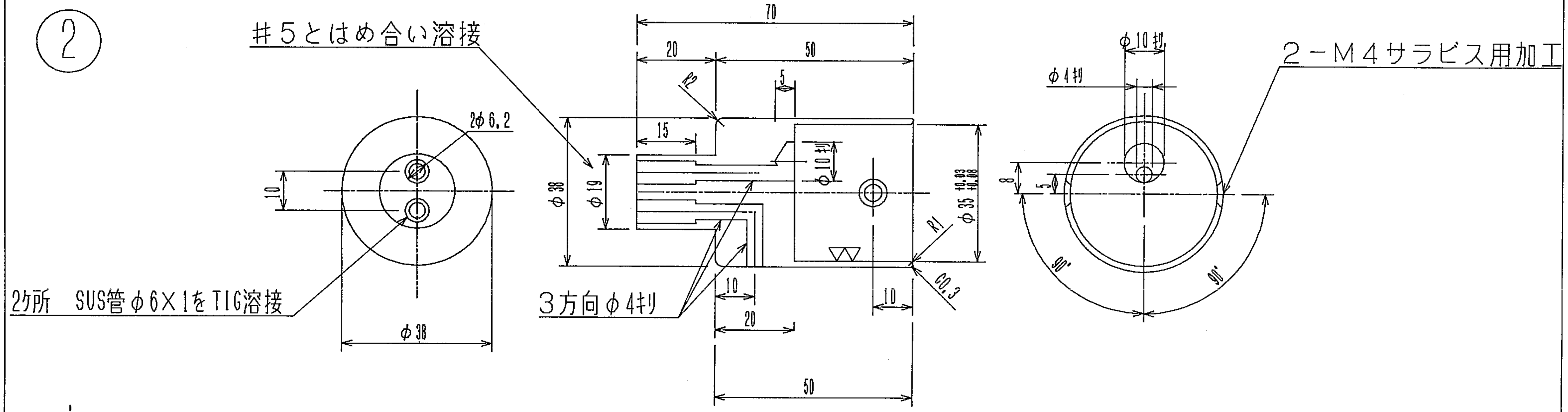
名称	原位置ﾚｼﾞﾝ注入ｼｽﾃﾑ	図名	ﾊﾟｯｶｰ拡張用治具
図番		大成基礎設計株式会社	

尺度	1：1

①



②

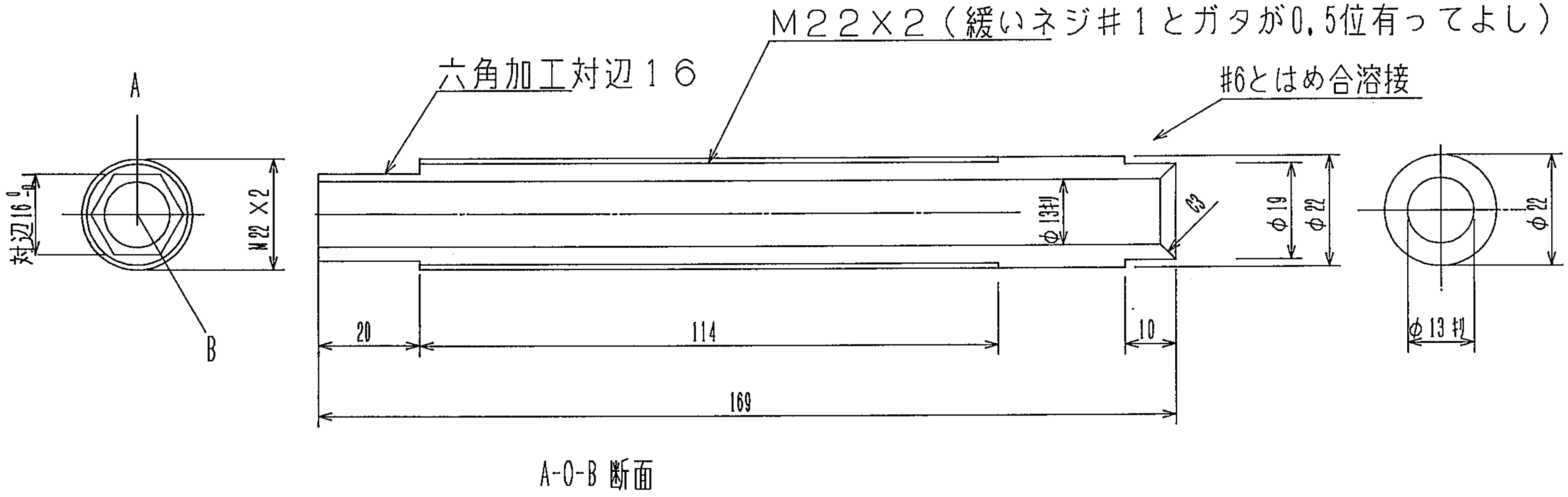


承認	承認	承認	承認	承認	設計	製図

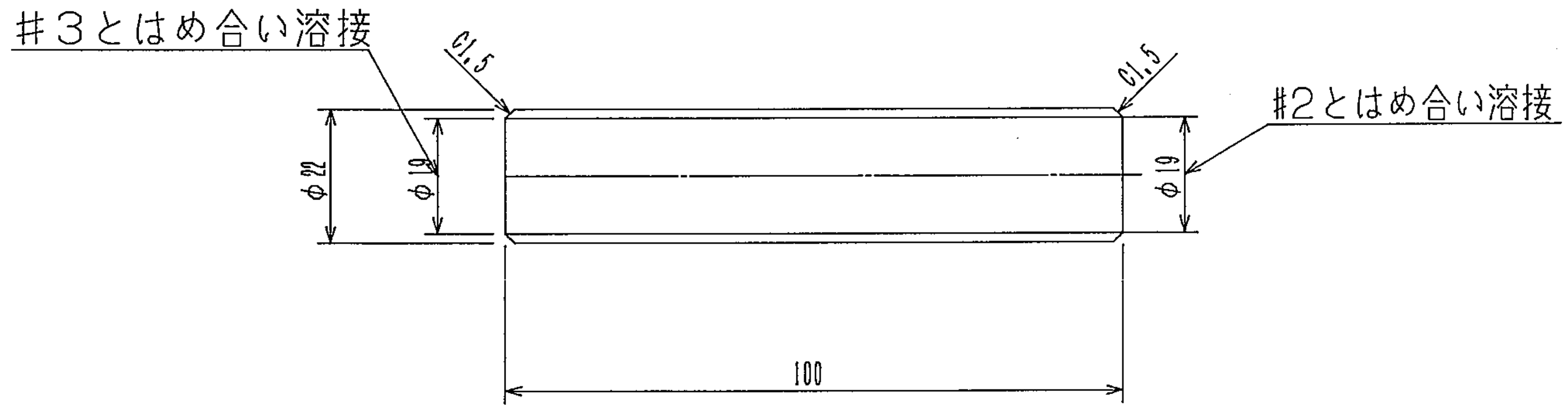
名称	原位置ﾚｼﾞﾝ注入ｼｽﾃﾑ	図名	ﾒｶﾆｶﾙﾊﾟｯｶｰ部品図1.
図番		大成基礎設計株式会社	

尺度	1：1

③



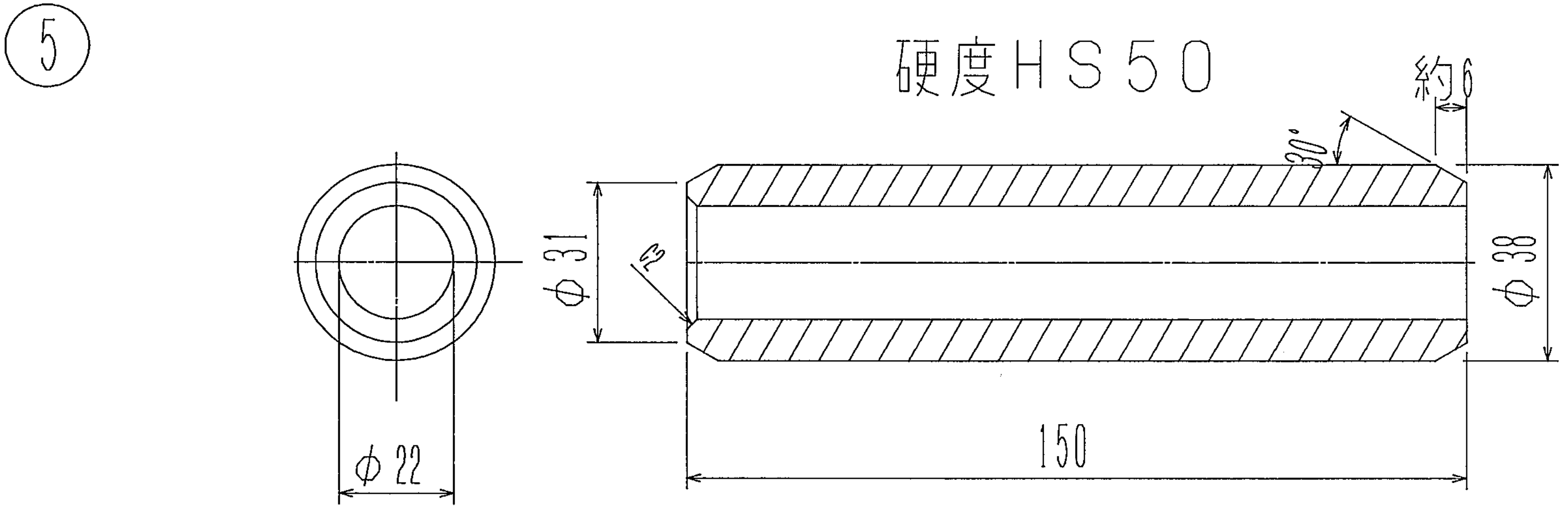
④

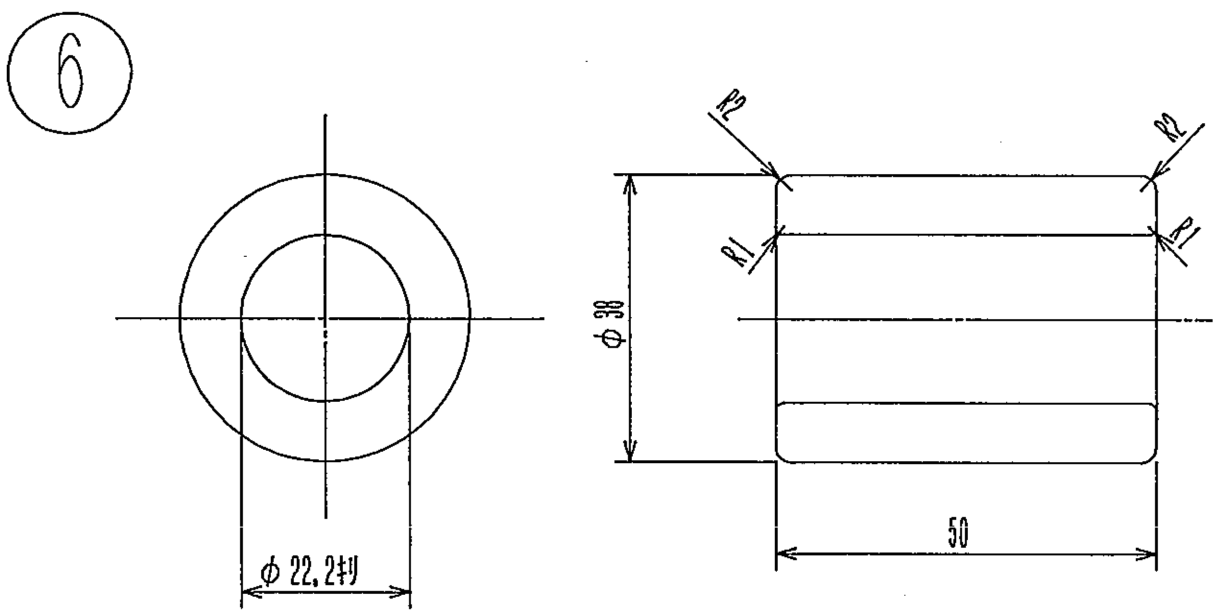


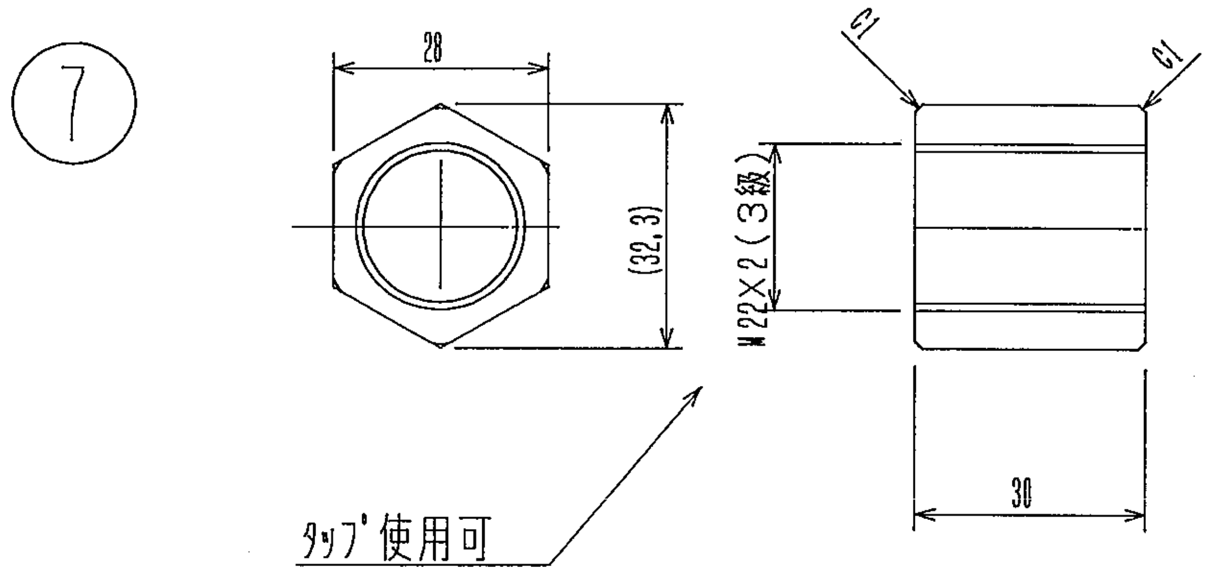
承認	承認	承認	承認	承認	設計	製図

名称	原位置ﾚｼﾞﾝ注入ｼｽﾃﾑ	図名	ﾒｶﾆｶﾙﾊﾟｯｶｰ部品図2.
図番		大成基礎設計株式会社	

尺度	1 : 1





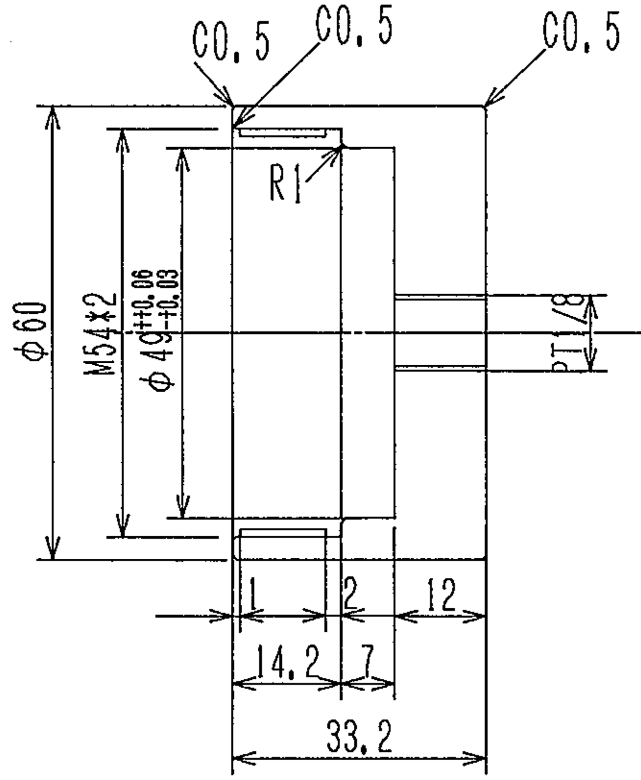


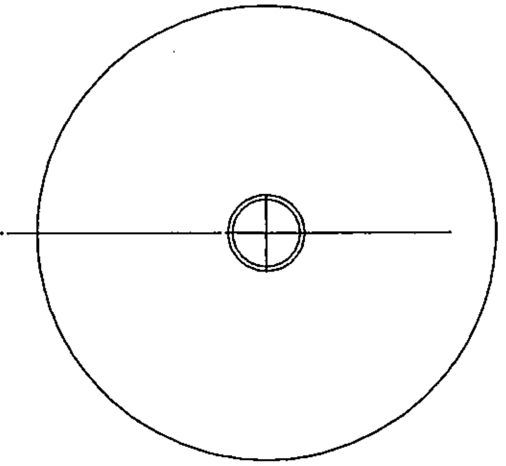
承認		承認		承認		承認		承認		設計		製図	

名称	原位置ﾚｼﾞﾝ注入ｼｽﾃﾑ	図名	ﾒｶﾆｶﾙﾊﾟｯｶｰ部品図3.
図番		大成基礎設計株式会社	

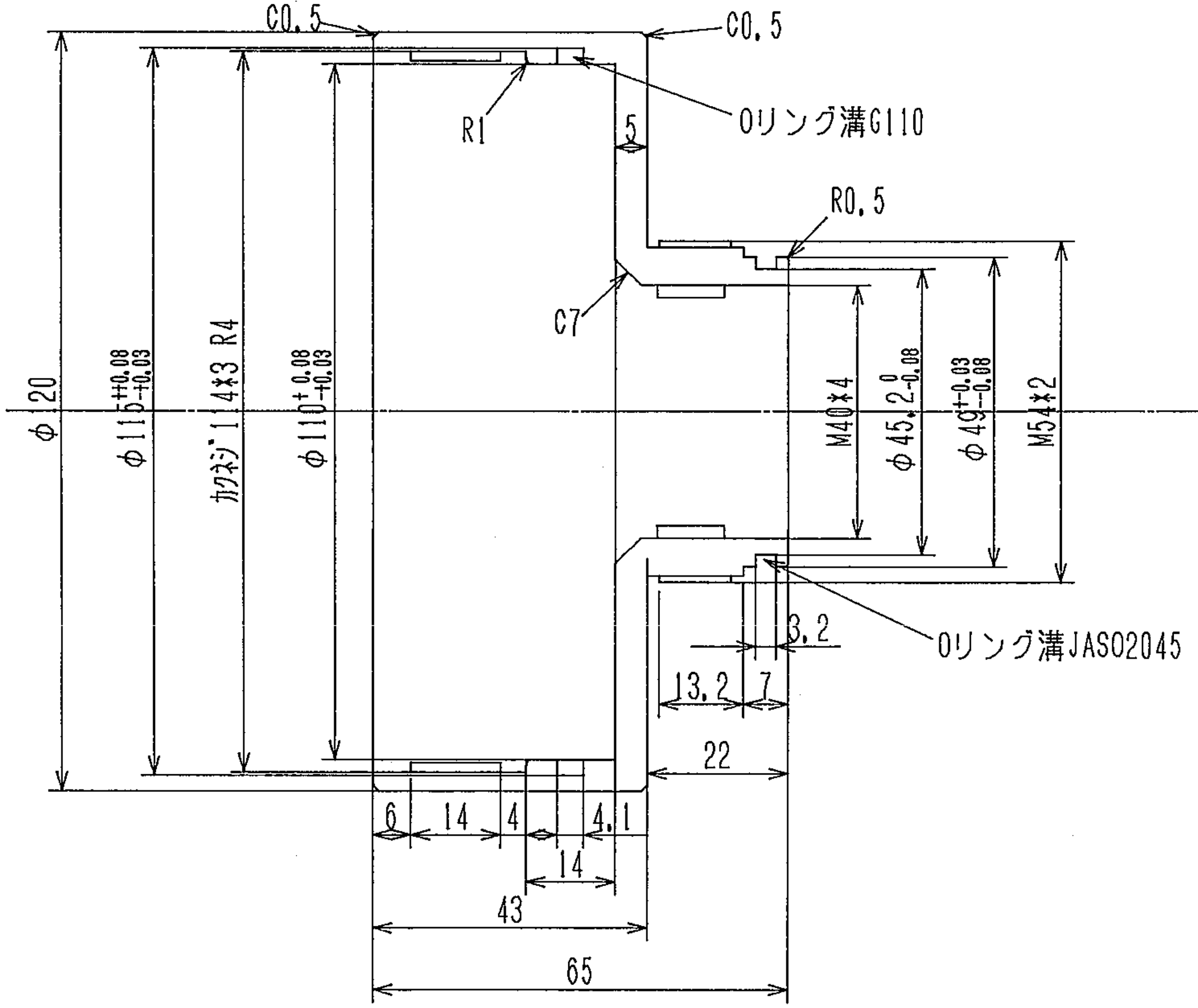
尺度	1 : 1

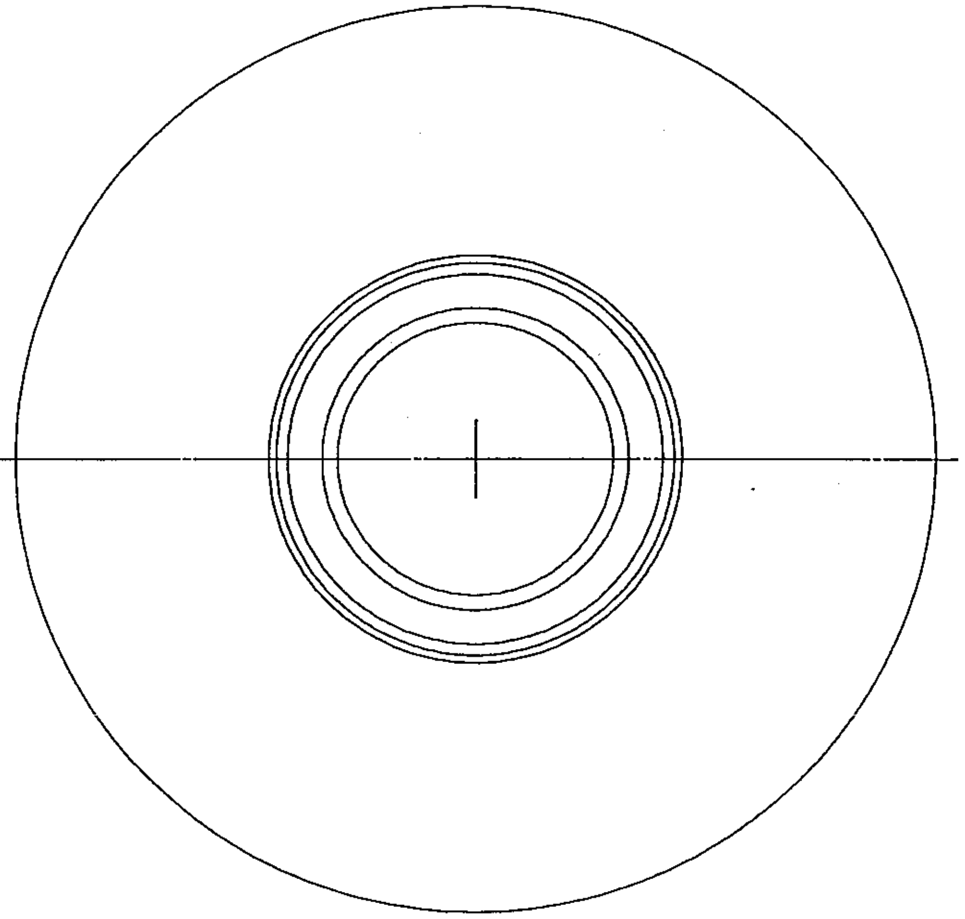
⑧





⑨



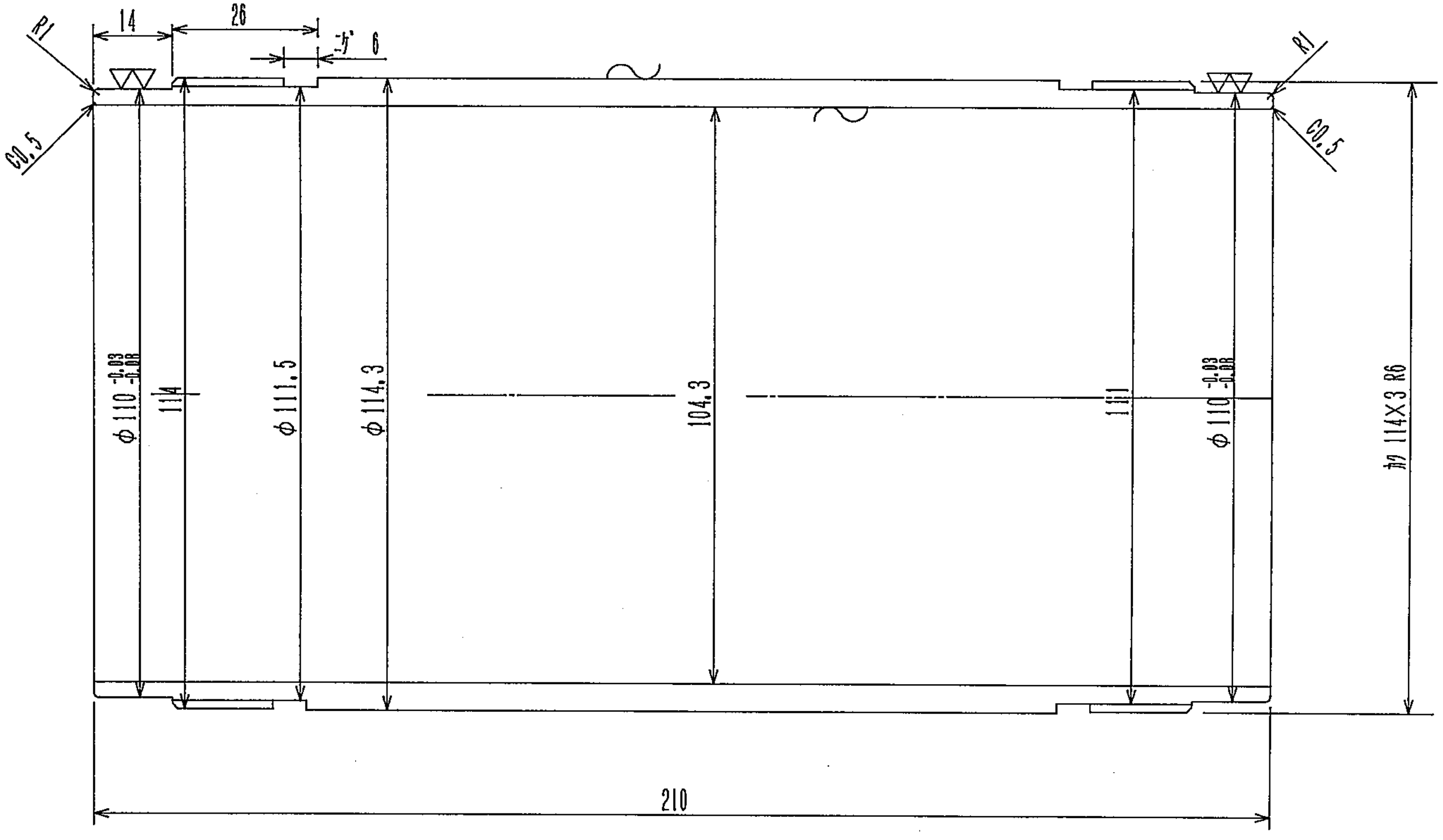


承認	承認	承認	承認	承認	設計	製図

名称	原位置レジン注入システム	図名	レジンタンク部品図1.
図番		大成基礎設計株式会社	

尺度	1 : 1

⑩



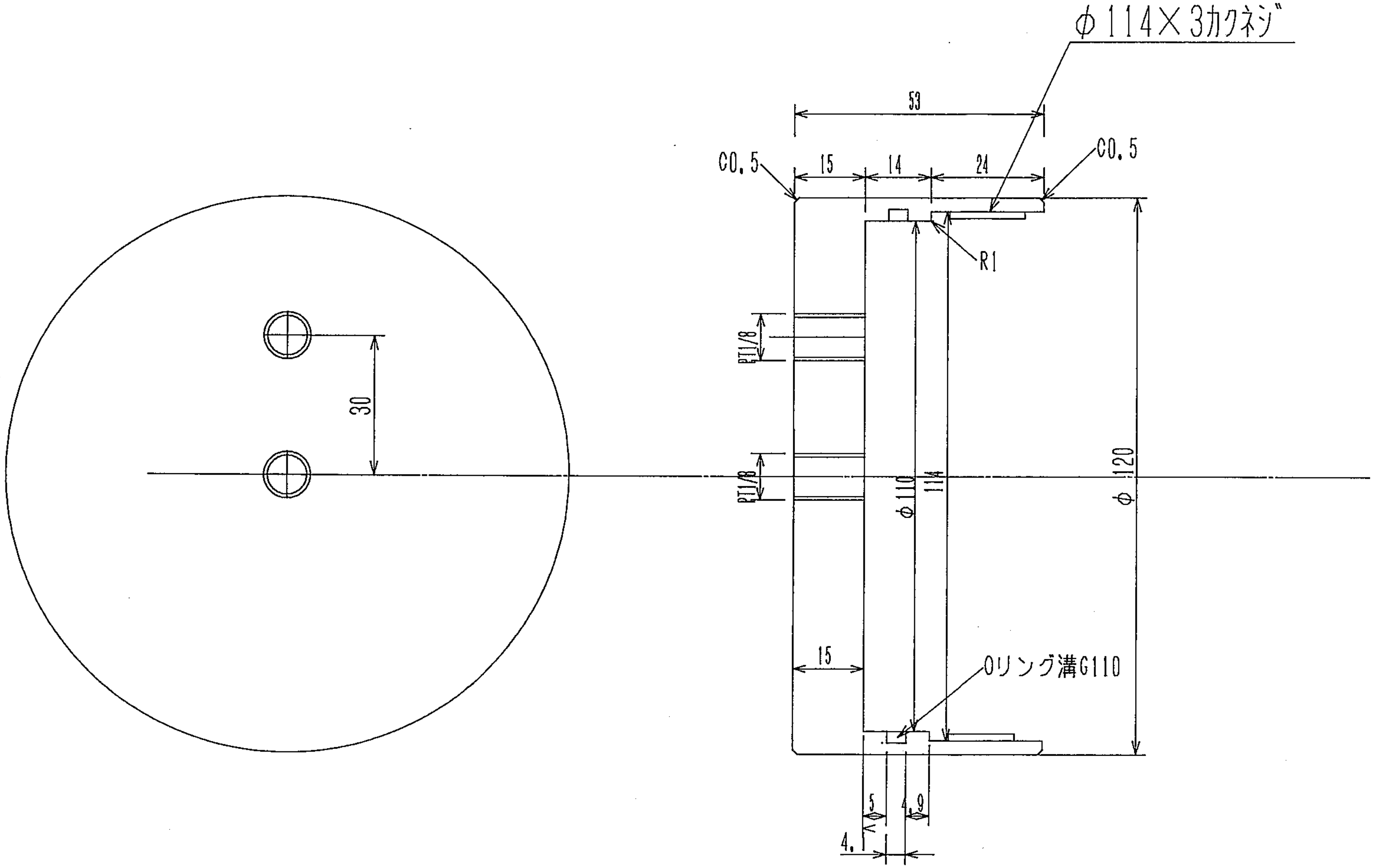
シンメトリー

承認		承認		承認		承認		承認		設計		製図	

名称	原位置レジン注入システム	図名	レジンタンク部品図2.
図番		大成基礎設計株式会社	

尺度	1：1

⑪



承認		承認		承認		承認		承認		設計		製図	

名称	原位置レジン注入システム	図名	レジンタンク部品図3.
図番		大成基礎設計株式会社	